



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0047794
(43) 공개일자 2024년04월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 3/00 (2022.01) F21V 5/04 (2006.01)
F21Y 115/10 (2016.01) F21Y 105/00 (2016.01)
(52) CPC특허분류
G02B 3/00 (2022.01)
F21V 5/04 (2024.01)
(21) 출원번호 10-2022-0127281
(22) 출원일자 2022년10월05일
심사청구일자 2022년10월05일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대 학교)
(72) 발명자
김대유
경기도 과천시 과천대로8길 15, 401동 802호(갈현동, 과천푸르지오라비엔오)
이동진
인천광역시 계양구 황어로115번길 12, 12동 303호(오류동, 신동아아파트)
김규성
서울특별시 용산구 서빙고로 35, 102동 2802호(한강로3가, 용산시티파크1단지)
(74) 대리인
양성보

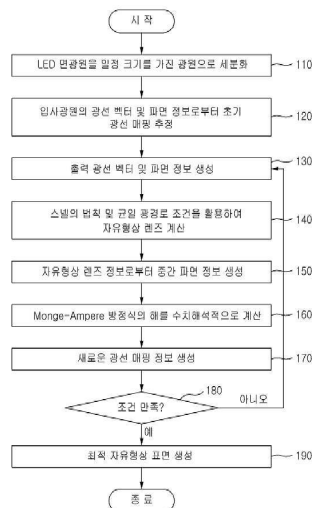
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계

(57) 요약

면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계 방법 및 시스템이 제시된다. 본 발명에서 제안하는 면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계 방법은 광선 매핑부를 통해 광원 세분화를 이용하여 LED 면광원을 일정 크기를 가진 광원으로 세분화하고, 상기 LED 면광원에 입사될 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보로부터 초기 광선 매핑을 추정하는 단계, 렌즈 표면 계산부를 통해 상기 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력광의 정보를 생성하고, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 자유형상 렌즈의 표면을 계산하는 단계 및 렌즈 표면 생성부를 통해 상기 계산된 자유형상 렌즈의 표면 정보로부터 결정되는 중간 파면의 정보에 따라 새로운 광선 매핑 정보를 생성하고, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 미리 정해진 조건을 만족하는지 여부를 판단하여 최적 자유형상 표면을 생성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

F21Y 2105/00 (2021.08)

F21Y 2115/10 (2021.08)

G02B 2003/0093 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345350469
과제번호	2018R1A6A1A03025523
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중점연구소
연구과제명	[Ezbaro] 의과학연구소
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

광선 매핑부를 통해 광원 세분화를 이용하여 LED 면광원을 일정 크기를 가진 광원으로 세분화하고, 상기 LED 면광원에 입사될 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보로부터 초기 광선 매핑을 추정하는 단계;

렌즈 표면 계산부를 통해 상기 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력광의 정보를 생성하고, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 자유형상 렌즈의 표면을 계산하는 단계; 및

렌즈 표면 생성부를 통해 상기 계산된 자유형상 렌즈의 표면 정보로부터 결정되는 중간 파면의 정보에 따라 새로운 광선 매핑 정보를 생성하고, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 미리 정해진 조건을 만족하는지 여부를 판단하여 최적 자유형상 표면을 생성하는 단계

를 포함하는 자유형상 렌즈 설계 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광선 매핑부를 통해 광원 세분화를 이용하여 LED 면광원을 일정 크기를 가진 광원으로 세분화하고, 상기 LED 면광원에 입사될 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보로부터 초기 광선 매핑을 추정하는 단계는,

각각의 세분화된 광원을 점광원으로 근사하고, 스테레오 프로젝션(stereographic projection)을 이용하여 상기 광원을 나타내고, 상기 점광원으로 근사된 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보를 구하는

자유형상 렌즈 설계 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 렌즈 표면 계산부를 통해 상기 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력광의 정보를 생성하고, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 자유형상 렌즈의 표면을 계산하는 단계는,

상기 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력 광선 벡터 및 파면 정보를 생성하고, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 스넬의 법칙 및 균일한 광경로 조건을 이용하여 자유형상 렌즈의 표면을 계산하는

자유형상 렌즈 설계 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 렌즈 표면 생성부를 통해 상기 계산된 자유형상 렌즈의 표면 정보로부터 결정되는 중간 파면의 정보에 따라 새로운 광선 매핑 정보를 생성하고, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 미리 정해진 조건을 만족하는지 여부를 판단하여 최적 자유형상 표면을 생성하는 단계는,

상기 계산된 자유형상 렌즈의 표면 정보로부터 중간 파면의 정보를 결정하고, 상기 중간 파면의 정보로부터 몽주-앙페르(Monge-Ampere) 방정식의 해를 수치해석적으로 구하며, 상기 몽주-앙페르 방정식의 해를 이용하여 새로운 광선 매핑 정보를 생성하고, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 스넬의 법칙 및 균일한 광경로 조건을 만족하는지 여부를 판단하여 최적 자유형상 표면을 생성하는

자유형상 렌즈 설계 방법.

청구항 5

광원 세분화를 이용하여 LED 면광원을 일정 크기를 가진 광원으로 세분화하고, 상기 LED 면광원에 입사될 입사

광원의 광선 벡터 및 파면 정보로부터 초기 광선 매핑을 추정하는 광선 매핑부;

상기 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력광의 정보를 생성하고, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 자유형상 렌즈의 표면을 계산하는 렌즈 표면 계산부; 및

상기 계산된 자유형상 렌즈의 표면 정보로부터 결정되는 중간 파면의 정보에 따라 새로운 광선 매핑 정보를 생성하고, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 미리 정해진 조건을 만족하는지 여부를 판단하여 최적 자유형상 표면을 생성하는 렌즈 표면 생성부

를 포함하는 자유형상 렌즈 설계 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 광선 매핑부는,

각각의 세분화된 광원을 점광원으로 근사하고, 스테레오 프로젝션(stereographic projection)을 이용하여 상기 광원을 나타내고, 상기 점광원으로 근사된 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보를 구하는

자유형상 렌즈 설계 시스템.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 렌즈 표면 계산부는,

상기 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력 광선 벡터 및 파면 정보를 생성하고, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 스넬의 법칙 및 균일한 광경로 조건을 이용하여 자유형상 렌즈의 표면을 계산하는

자유형상 렌즈 설계 시스템.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 렌즈 표면 생성부는,

상기 계산된 자유형상 렌즈의 표면 정보로부터 중간 파면의 정보를 결정하고, 상기 중간 파면의 정보로부터 몽주-앙페르(Monge-Ampere) 방정식의 해를 수치해석적으로 구하며, 상기 몽주-앙페르 방정식의 해를 이용하여 새로운 광선 매핑 정보를 생성하고, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 스넬의 법칙 및 균일한 광경로 조건을 만족하는지 여부를 판단하여 최적 자유형상 표면을 생성하는

자유형상 렌즈 설계 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 전 세계적으로 에너지 및 환경에 대한 관심이 커지면서 백열등, 형광등 등의 조명 광원을 LED로 대체하는 다양한 정책들이 시행되어 LED 조명기구에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 그러나 LED는 기존 조명과 달리 매우 좁은 광 방출 지향각을 가진다. 따라서 LED를 이용한 조명기구가 원하는 광 방출 분포를 갖기 위해서는 LED 광원 주변에 렌즈, 반사경 등, 2차광학계를 결합할 필요가 있다.

[0003] 2차광학계에 사용되는 렌즈 또는 반사경의 광학면 형태는 크게 구면, 비구면 및 자유 형상 면으로 구분할 수 있다.

[0004] 구면 광학계는 설계 및 구현이 쉬운 반면, 원하는 광학적 특성을 얻기 위하여 다수의 광학 소자를 사용해야 한

다. 그러나, 다수의 광학 소자를 포함하는 광학계는 손실이 크고, 정렬이 어려우며 생산 원가가 높은 단점을 가진다.

[0005] 상기 구면 광학계의 광학적 특성을 향상시키거나 광학 소자의 수를 줄이기 위하여 비구면 광학계가 사용될 수 있다. 비구면 광학계는 포물면, 타원면과 같은 비교적 약한 비구면이나 원추 곡면과 비구면 계수로 표현되는 심한 비구면을 포함한다. 이러한 비구면 광학계는 축 대칭성을 가지며, 일반적으로 구면 광학계와 복합적으로 사용된다.

[0006] 일 예로, 공개특허공보 10-2011-0105235(공개일자 2011년 09월 26일) "균일한 배광 분포 및 다른 컬러를 균일하게 조합하는 LED 조명 렌즈"에는 다른 색상을 발광하는 LED 칩이 다수개 실장된 조명용 LED 모듈에 있어서, 내부에 LED 칩이 구비되고, 상기 LED에서 출사되는 광을 확산시키기 위해 LED를 감싸도록 구비되는 볼록형상을 갖는 볼록렌즈를 포함하며 각각 다른 색상의 광을 출력하는 LED가 배치된 LED 모듈 및 상기 LED 모듈 전면에 구비되며 상기 볼록렌즈를 통해 출사되는 광을 산란시켜 배광 분포를 균일화시키기 위한 제1 산란면과 제2 산란면을 포함하는 렌즈부를 포함하는 LED 조명 렌즈를 이용하여 LED 모듈의 광 산란 효과를 극대화함으로써 최종적으로 출력되는 광의 균일성을 제공하는 것이 기재되어 있다.

[0007] 한편, 단일 광학 소자로 구성된 2차 광학계를 구현하기 위해서는 자유 형상 렌즈 또는 자유 형상 반사경(이하 자유 형상면 광학계라 함)이 사용될 수 있다. 자유 형상면은 함수로 표현하는 것이 어려운 자유로운 형태의 면으로서, 일반적으로 면 위의 모든 위치에 대한 높이를 각각 정의하는 방식으로 표현된다. 이러한 자유 형상면을 포함한 광학계는 단일 소자만으로 LED와 같은 좁은 지향각의 광 방출 특성을 매우 넓은 지향각의 방출 특성으로 변환시켜주는 것과 같은 극단적인 광학적 특성을 구현하는데 사용될 수 있다. 따라서 단일 광학 소자로 구현된 자유 형상면 광학계는 다수의 광학 소자를 사용하는 구면 또는 비구면 광학계에 비하여 광 손실이 작고, 생산 원가가 낮은 장점을 가진다.

[0008] 그러나, 자유 형상면 광학계는 특정한 광학적 특성, 예컨대 LED의 특정한 광 방출 분포, LED 광원의 위치, 각도 등에 최적 설계된 특수한 광학계이므로 LED 제조 공정상 발생할 수 있는 광 방출 특성의 편차, LED와 자유 형상면 광학계의 정렬 오차, 자유 형상면 광학계의 제작 오차 등에 따라 민감하게 성능 변화를 야기하는 문제점을 가진다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 제10-1305728호 (2013.09.02)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상적인 점광원으로 설계된 자유형상 렌즈의 한계를 극복하여 LED 면광원에 대한 효율적인 광제어 및 최적의 광분포를 갖는 자유형상 렌즈 설계 방법 및 시스템을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계 방법은 광선 매핑부를 통해 광원 세분화를 이용하여 LED 면광원을 일정 크기를 가진 광원으로 세분화하고, 상기 LED 면광원에 입사될 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보로부터 초기 광선 매핑을 추정하는 단계, 렌즈 표면 계산부를 통해 상기 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력광의 정보를 생성하고, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 자유형상 렌즈의 표면을 계산하는 단계 및 렌즈 표면 생성부를 통해 상기 계산된 자유형상 렌즈의 표면 정보로부터 결정되는 중간 파면의 정보에 따라 새로운 광선 매핑 정보를 생성하고, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 미리 정해진 조건을 만족하는지 여부를 판단하여 최적 자유형상 표면을 생성하는 단계를 포함한다.

[0012] 상기 광선 매핑부를 통해 광원 세분화를 이용하여 LED 면광원을 일정 크기를 가진 광원으로 세분화하고, 상기 LED 면광원에 입사될 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보로부터 초기 광선 매핑을 추정하는 단계는 각각의 세분화된 광원을 점광원으로 근사하고, 스테레오 프로젝션(stereographic projection)을 이용하여 상기 광원을 나

타내고, 상기 점광원으로 근사된 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보를 구한다.

[0013] 상기 렌즈 표면 계산부를 통해 상기 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력광의 정보를 생성하고, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 자유형상 렌즈의 표면을 계산하는 단계는 상기 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력 광선 벡터 및 파면 정보를 생성하고, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 스넬의 법칙 및 균일한 광경로 조건을 이용하여 자유형상 렌즈의 표면을 계산한다.

[0014] 상기 렌즈 표면 생성부를 통해 상기 계산된 자유형상 렌즈의 표면 정보로부터 결정되는 중간 파면의 정보에 따라 새로운 광선 매핑 정보를 생성하고, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 미리 정해진 조건을 만족하는지 여부를 판단하여 최적 자유형상 표면을 생성하는 단계는 상기 계산된 자유형상 렌즈의 표면 정보로부터 중간 파면의 정보를 결정하고, 상기 중간 파면의 정보로부터 몽주-앙페르(Monge-Ampere) 방정식의 해를 수치해석적으로 구하며, 상기 몽주-앙페르 방정식의 해를 이용하여 새로운 광선 매핑 정보를 생성하고, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 스넬의 법칙 및 균일한 광경로 조건을 만족하는지 여부를 판단하여 최적 자유형상 표면을 생성한다.

[0015] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계 시스템은 광원 세분화를 이용하여 LED 면광원을 일정 크기를 가진 광원으로 세분화하고, 상기 LED 면광원에 입사될 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보로부터 초기 광선 매핑을 추정하는 광선 매핑부, 상기 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력광의 정보를 생성하고, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 자유형상 렌즈의 표면을 계산하는 렌즈 표면 계산부 및 상기 계산된 자유형상 렌즈의 표면 정보로부터 결정되는 중간 파면의 정보에 따라 새로운 광선 매핑 정보를 생성하고, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 미리 정해진 조건을 만족하는지 여부를 판단하여 최적 자유형상 표면을 생성하는 렌즈 표면 생성부를 포함한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 실시예들에 따르면 LED 면광원에 대한 효율적인 광제어 및 최적의 광분포를 갖는 자유형상 렌즈 설계 기법을 통해 기존 자유형상 렌즈 설계 기법의 한계를 극복하고 실제환경에서 최적의 에너지 효율을 갖는 자유형상 렌즈를 설계할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 디스크 형상의 LED 면광원 세분화 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 스테레오 프로젝션을 이용한 LED 광원 재표현 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이중의 자유형상 렌즈 기반 LED 면광원 광분포 조정 개념도를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 디스크 형상의 LED 광원에 대한 자유형상 렌즈 면 생성 결과에 따른 그래프이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 자유형상 렌즈 면에 대한 출력광의 분포를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 자유형상 광학계는 광원의 에너지 분포를 의도된 형상대로 재분배하기 위해 널리 사용되는 기술이다. 현재 자유형상 광학계의 대부분은 이상적인 점광원을 기반으로 설계된다. 그러나 일반적으로 널리 사용되는 LED 광원은 디스크 혹은 사각형 모양의 면광원으로 존재하며 다양한 광분포 및 방사각도를 갖는다. 따라서 이상적인 점광원을 기반으로 설계된 자유형상 광학계는 실제 환경에서 의도된 광분포와는 다른 분포를 가질 수밖에 없으며 파조도 및 에너지 낭비의 문제가 발생한다. 본 발명은 이러한 문제를 해결하기 위해 디스크 또는 사각형 모양을 가진 LED 면광원의 광분포를 효율적으로 제어하기 위한 자유형상 렌즈 설계 기법을 제안한다. 이하, 본 발명의 실

시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0021] 제안하는 면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계 방법은 광선 매핑부를 통해 광원 세분화를 이용하여 LED 면광원을 일정 크기를 가진 광원으로 세분화하고, 상기 LED 면광원에 입사될 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보로부터 초기 광선 매핑을 추정하는 단계, 렌즈 표면 계산부를 통해 상기 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력광의 정보를 생성하고, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 자유형상 렌즈의 표면을 계산하는 단계 및 렌즈 표면 생성부를 통해 상기 계산된 자유형상 렌즈의 표면 정보로부터 결정되는 중간 파면의 정보에 따라 새로운 광선 매핑 정보를 생성하고, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 미리 정해진 조건을 만족하는지 여부를 판단하여 최적 자유형상 표면을 생성하는 단계를 포함한다.
- [0022] 더욱 상세하게는, 제안하는 면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계 방법은 단계(110)에서 광원 세분화를 이용하여 LED 면광원을 일정 크기를 가진 광원으로 세분화한다. 이후, 단계(120)에서 상기 LED 면광원에 입사될 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보로부터 초기 광선 매핑을 추정한다.
- [0023] 각각의 세분화된 광원을 점광원으로 근사하고, 스테레오 프로젝션(stereographic projection)을 이용하여 상기 광원을 나타낸다. 상기 점광원으로 근사된 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보를 구하여 초기 광선 매핑을 추정한다.
- [0024] 단계(130)에서, 상기 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력광의 정보를 생성한다. 단계(140)에서, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 자유형상 렌즈의 표면을 계산한다. 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 스넬의 법칙 및 균일한 광경로 조건을 이용하여 자유형상 렌즈의 표면을 계산한다.
- [0025] 단계(150)에서 상기 계산된 자유형상 렌즈의 표면 정보로부터 중간 파면의 정보를 결정한다. 단계(160)에서 상기 중간 파면의 정보로부터 몽주-앙페르(Monge-Ampere) 방정식의 해를 수치해석적으로 구한다. 단계(170)에서, 상기 몽주-앙페르 방정식의 해를 이용하여 새로운 광선 매핑 정보를 생성한다. 단계(180)에서, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 스넬의 법칙 및 균일한 광경로 조건을 만족하는지 여부를 판단하고, 단계(190)에서, 최적 자유형상 표면을 생성한다.
- [0026] 단계(180)에서, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 스넬의 법칙 및 균일한 광경로 조건을 만족하지 않을 경우, 단계(130)으로 이동하여 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력광의 정보를 생성하는 과정에서 반복적으로 수행하여 최적의 자유형상 렌즈 표면을 생성한다.
- [0028] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 디스크 형상의 LED 면광원 세분화 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0029] 제안하는 면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계 방법은 도 2와 같이 광원 세분화를 이용하여 LED 면광원을 일정 크기를 가진 광원으로 세분화한다. 이후, LED 면광원에 입사될 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보로부터 초기 광선 매핑을 추정한다.
- [0030] 각각의 세분화된 광원을 점광원으로 근사하고, 스테레오 프로젝션(stereographic projection)을 이용하여 광원을 나타낸다. 점광원으로 근사된 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보를 구하여 초기 광선 매핑을 추정한다.
- [0032] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 스테레오 프로젝션을 이용한 LED 광원 재표현 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0033] 각각의 세분화된 광원을 점광원으로 근사하고, 스테레오 프로젝션(stereographic projection)을 이용하여 광원을 재표현 하면 도 3과 같다. 나타낸다. 점광원으로 근사된 입사광원의 광선벡터 정보는 아래와 같다.

$$\hat{I}_{i,j} = \frac{(2u_{i,j}, 2v_{i,j}, 1 - u_{i,j}^2 - v_{i,j}^2)}{1 + u_{i,j}^2 + v_{i,j}^2}$$

[0034]

[0036] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이중의 자유형상 렌즈 기반 LED 면광원 광분포 조정 개념도를 나타내는 도면이다.

[0037] 본 발명의 실시예에 따른 LED 면광원 광분포 조정 과정을 설명하기 위해 이중의 자유형상 렌즈는 LED 면광원(410), 자유형상 렌즈(420) 타겟면(430)을 도시하였다.

[0038] 본 발명의 실시예에 따른 이중의 자유형상 렌즈 기반의 LED 면광원 광분포 조정은 LED 면광원(410)에서 방출된 광선은 자유형상 렌즈(420)를 거쳐 타겟면(430)에 도달한다.

$$w_{uu}w_{vv} - w_{uv}^2 + A_1w_{uu} + A_2w_{uv} + A_3w_{vv} + A_4 = 0$$

[0039]

$$A_1 = \frac{(x_v y_{vv} - y_v x_{vv})w_u + (y_v x_{uv} - x_v y_{uv})w_v}{\gamma} + \frac{\gamma \kappa_v w_v - X_v x_v - Y_v y_v}{z_2 - w}$$

[0040]

$$A_2 = \frac{(y_u x_{vv} - x_u y_{uv} + y_v x_{uv} - x_u y_{vv})w_u + (x_v y_{uu} - y_u x_{uv} + x_u y_{uv} - y_v x_{uu})w_v}{\gamma}$$

[0041]

$$+ \frac{(X_u x_v + Y_v y_u + X_v x_u + Y_u y_v) - \gamma(\kappa_u w_v + \kappa_v w_u)}{z_2 - w},$$

[0042]

$$A_3 = \frac{(x_u y_{uv} - y_u x_{uv})w_u + (y_u x_{uu} - x_u y_{uu})w_v}{\gamma} + \frac{\gamma \kappa_u w_u - X_u x_u - Y_u y_u}{z_2 - w},$$

[0043]

$$\begin{aligned} A_4 = & \frac{(x_{uv} y_{vv} - x_{vv} y_{uv})w_u^2 + (x_{vv} y_{uu} - x_{uu} y_{vv})w_u w_v + (x_{uu} y_{uv} - x_{uv} y_{uu})w_v^2}{\gamma} \\ & + \frac{\kappa_u}{z_2 - w} \left\{ (x_{vv} y_{vv} - x_{vv} y_v)w_u^2 + (x_{vv} y_u + x_{uv} y_v - x_v y_{uv} - x_{uv} y_{vv})w_u w_v + (x_u y_{uv} - x_{uv} y_u)w_v^2 \right\} \\ & + \frac{\kappa_v}{z_2 - w} \left\{ (x_{uv} y_v - x_v y_{uv})w_u^2 + (x_v y_{uu} + x_u y_{uv} - x_{uv} y_u - x_{uu} y_v)w_u w_v + (x_{uu} y_u - x_u y_{uu})w_v^2 \right\} \\ & + \frac{1}{z_2 - w} \left\{ (X_u x_v - Y_v y_{uv} - X_v x_{uv} + Y_u y_{vv})w_u + (Y_v y_{uu} - X_u x_{uv} + X_v x_{uu} - Y_u y_{uv})w_v \right\} \\ & + \frac{1}{\kappa(z_2 - w)} \left\{ (X_u \kappa_v - X_v \kappa_u)\beta + (Y_v \kappa_u - Y_u \kappa_v)\alpha + (X_u Y_v - X_v Y_u) - \frac{I}{I'(X + \kappa\alpha, Y + \kappa\beta)} \right\} \end{aligned}$$

[0044]

$$X = x + s; Y = y + t; \kappa = \frac{z_2 - w}{\gamma}$$

[0045]

$$\alpha = y_u w_v - y_v w_u; \beta = x_v w_u - x_u w_v; \gamma = x_u y_v - x_v y_u$$

[0046]

[0046] 본 발명의 실시예에 따른 출력 광선의 광선벡터 및 파면사이의 관계는 아래와 같다.

$$\begin{aligned} (\tilde{W}'_{i+1,j} - \tilde{W}'_{i,j}) \cdot (O_{i+1,j} + O_{i,j}) &= 0, \\ (\tilde{W}'_{i,j+1} - \tilde{W}'_{i,j}) \cdot (O_{i,j+1} + O_{i,j}) &= 0 \end{aligned}$$

[0047]

[0049] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

[0050] 본 실시예에 따른 자유형상 렌즈 설계 시스템(500)은 프로세서(510), 버스(520), 네트워크 인터페이스(530), 메

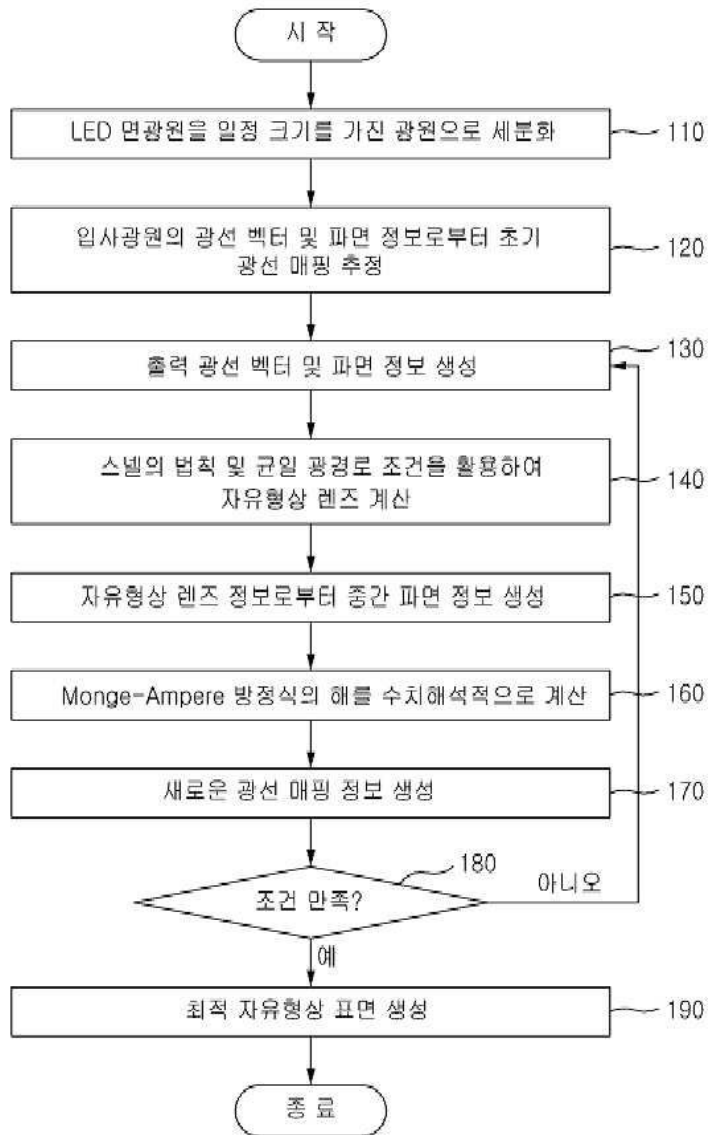
모리(540) 및 데이터베이스(550)를 포함할 수 있다. 메모리(540)는 운영체제(541) 및 자유형상 렌즈 설계 루틴(542)을 포함할 수 있다. 프로세서(510)는 신뢰지수 평가부(511) 및 분석부(512)를 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서 자유형상 렌즈 설계 시스템(500)은 도 5의 구성요소들보다 더 많은 구성요소들을 포함할 수도 있다. 그러나, 대부분의 종래기술적 구성요소들을 명확하게 도시할 필요성은 없다. 예를 들어, 자유형상 렌즈 설계 시스템(500)은 디스플레이나 트랜시버(transceiver)와 같은 다른 구성요소들을 포함할 수도 있다.

- [0051] 메모리(540)는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체로서, RAM(random access memory), ROM(read only memory) 및 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치(permanent mass storage device)를 포함할 수 있다. 또한, 메모리(540)에는 운영체제(541)와 자유형상 렌즈 설계 루틴(542)을 위한 프로그램 코드가 저장될 수 있다. 이러한 소프트웨어 구성요소들은 드라이브 메커니즘(drive mechanism, 미도시)을 이용하여 메모리(540)와는 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체로부터 로딩될 수 있다. 이러한 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체는 플로피 드라이브, 디스크, 테이프, DVD/CD-ROM 드라이브, 메모리 카드 등의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체(미도시)를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서 소프트웨어 구성요소들은 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체가 아닌 네트워크 인터페이스(530)를 통해 메모리(540)에 로딩될 수도 있다.
- [0052] 버스(520)는 자유형상 렌즈 설계 시스템(500)의 구성요소들간의 통신 및 데이터 전송을 가능하게 할 수 있다. 버스(520)는 고속 시리얼 버스(high-speed serial bus), 병렬 버스(parallel bus), SAN(Storage Area Network) 및/또는 다른 적절한 통신 기술을 이용하여 구성될 수 있다.
- [0053] 네트워크 인터페이스(530)는 자유형상 렌즈 설계 시스템(500)을 컴퓨터 네트워크에 연결하기 위한 컴퓨터 하드웨어 구성요소일 수 있다. 네트워크 인터페이스(530)는 자유형상 렌즈 설계 시스템(500)을 무선 또는 유선 커넥션을 통해 컴퓨터 네트워크에 연결시킬 수 있다.
- [0054] 데이터베이스(550)는 면광원의 광분포 조절을 위한 자유형상 렌즈 설계를 위해 필요한 모든 정보를 저장 및 유지하는 역할을 할 수 있다. 도 5에서는 자유형상 렌즈 설계 시스템(500)의 내부에 데이터베이스(550)를 구축하여 포함하는 것으로 도시하고 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며 시스템 구현 방식이나 환경 등에 따라 생략될 수 있고 혹은 전체 또는 일부의 데이터베이스가 별개의 다른 시스템 상에 구축된 외부 데이터베이스로서 존재하는 것 또한 가능하다.
- [0055] 프로세서(510)는 기본적인 산술, 로직 및 자유형상 렌즈 설계 시스템(500)의 입출력 연산을 수행함으로써, 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리하도록 구성될 수 있다. 명령은 메모리(540) 또는 네트워크 인터페이스(530)에 의해, 그리고 버스(520)를 통해 프로세서(510)로 제공될 수 있다. 프로세서(510)는 신뢰지수 평가부(511) 및 분석부(512)를 위한 프로그램 코드를 실행하도록 구성될 수 있다. 이러한 프로그램 코드는 메모리(540)와 같은 기록 장치에 저장될 수 있다.
- [0056] 광선 매핑부(511)는 도 1의 단계들(110~190)을 수행하기 위해 구성될 수 있다.
- [0057] 자유형상 렌즈 설계 시스템(500)은 광선 매핑부(511), 렌즈 표면 계산부(512) 및 렌즈 표면 생성부(513)를 포함할 수 있다.
- [0058] 광선 매핑부(511)는 광원 세분화를 이용하여 LED 면광원을 일정 크기를 가진 광원으로 세분화한다. 이후, 상기 LED 면광원에 입사될 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보로부터 초기 광선 매핑을 추정한다.
- [0059] 각각의 세분화된 광원을 점광원으로 근사하고, 스테레오 프로젝션(stereographic projection)을 이용하여 상기 광원을 나타낸다. 상기 점광원으로 근사된 입사 광원의 광선 벡터 및 파면 정보를 구하여 초기 광선 매핑을 추정한다.
- [0060] 렌즈 표면 계산부(512)는 상기 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력광의 정보를 생성한다. 이후, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 자유형상 렌즈의 표면을 계산한다. 그리고, 상기 입사 광원의 입사광의 정보와 출력광의 정보로부터 스넬의 법칙 및 균일한 광경로 조건을 이용하여 자유형상 렌즈의 표면을 계산한다.
- [0061] 렌즈 표면 생성부(513)는 상기 계산된 자유형상 렌즈의 표면 정보로부터 중간 파면의 정보를 결정한다. 이후, 상기 중간 파면의 정보로부터 몽주-앙페르(Monge-Ampere) 방정식의 해를 수치해석적으로 구한다. 렌즈 표면 생성부(513)는 상기 몽주-앙페르 방정식의 해를 이용하여 새로운 광선 매핑 정보를 생성하고, 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 스넬의 법칙 및 균일한 광경로 조건을 만족하는지 여부를 판단하고, 최적 자유형상 표면을 생성한다.

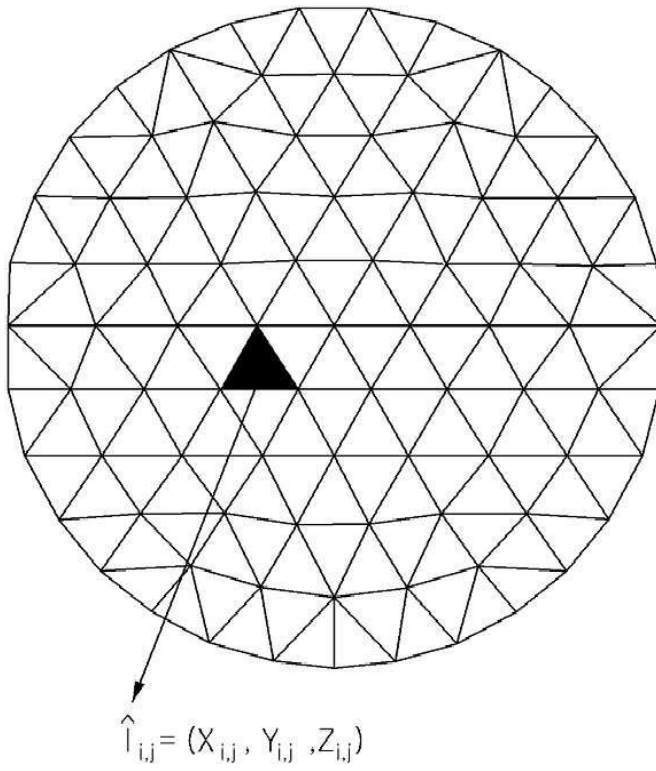
- [0062] 렌즈 표면 생성부(513)는 상기 새로운 광선 매핑 정보에 대한 스넬의 법칙 및 균일한 광경로 조건을 만족하지 않을 경우, 초기 광선 매핑 및 위상 분포로부터 출력광의 정보를 생성하는 과정부터 반복적으로 수행하여 최적의 자유형상 렌즈 표면을 생성한다.
- [0064] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 디스크 형상의 LED 광원에 대한 자유형상 렌즈 면 생성 결과에 따른 그래프이다.
- [0065] 본 발명의 실시예에 따른 디스크 형상의 LED 광원에 대하여 상기에서 제안한 방법으로 자유형상 렌즈 면을 생성한 결과를 나타낸다.
- [0066] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 자유형상 렌즈 면에 대한 출력광의 분포를 나타내는 도면이다.
- [0067] 본 발명은 LED 면광원에 대한 효율적인 광제어 및 최적의 광분포를 갖는 자유형상 렌즈 설계 기법을 제시하며, 이를 통해 기존 자유형상 렌즈 설계 기법의 한계를 극복하고 실제환경에서 최적의 에너지 효율을 갖는 자유형상 렌즈를 설계할 수 있다.
- [0068] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0069] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

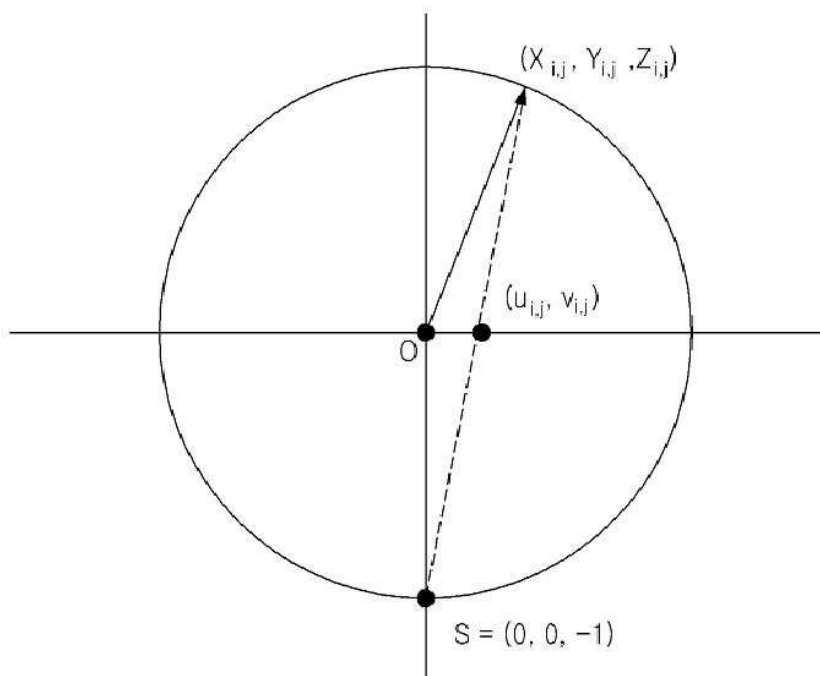
도면1



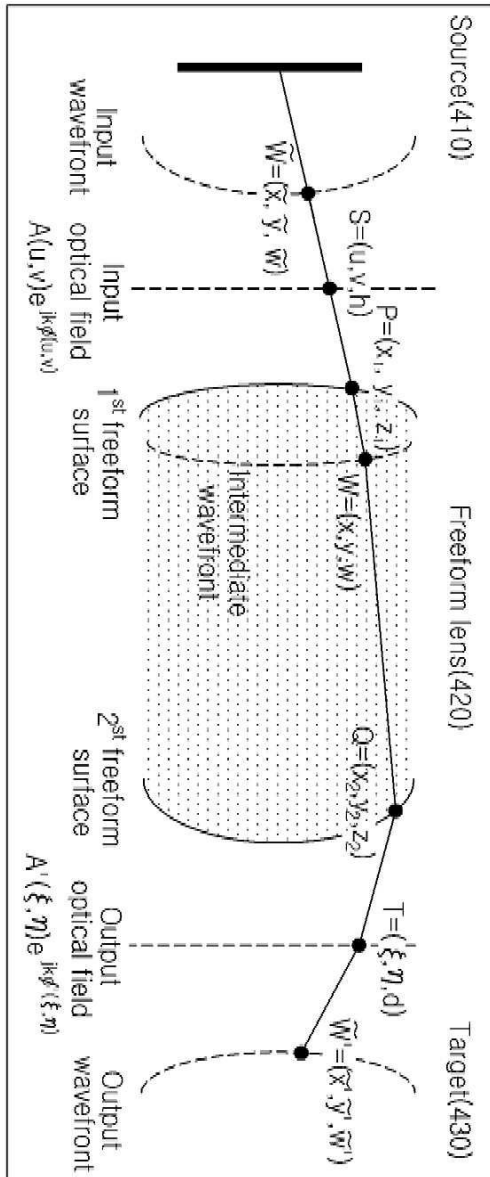
도면2



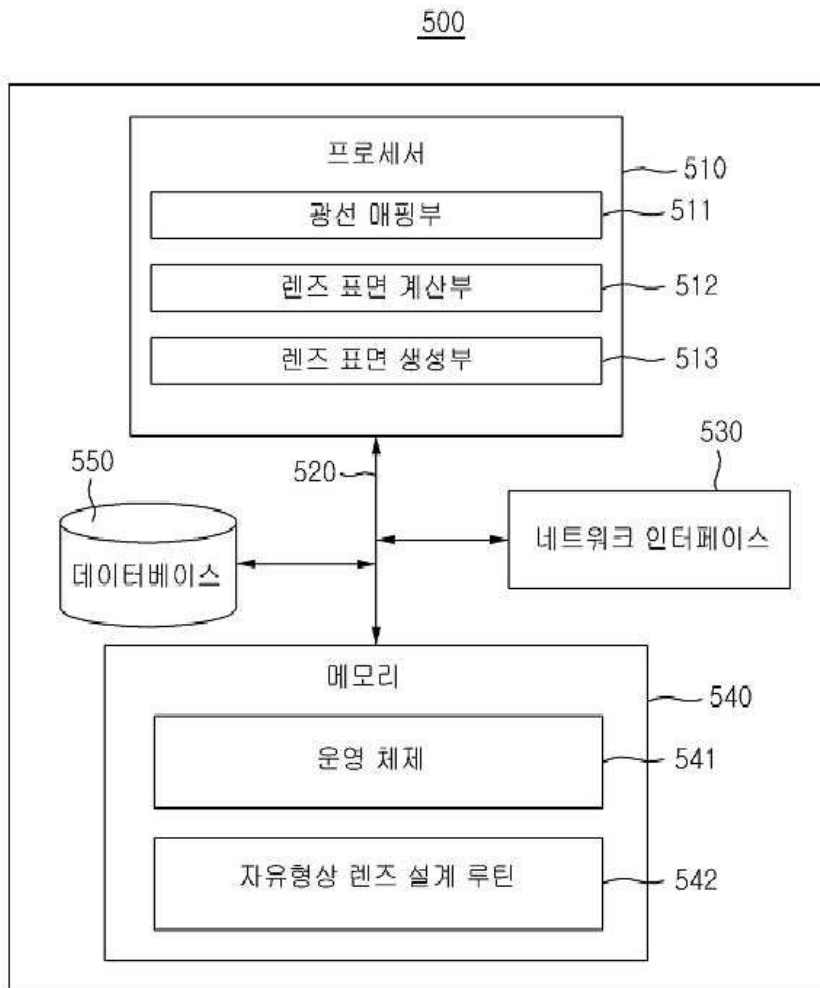
도면3



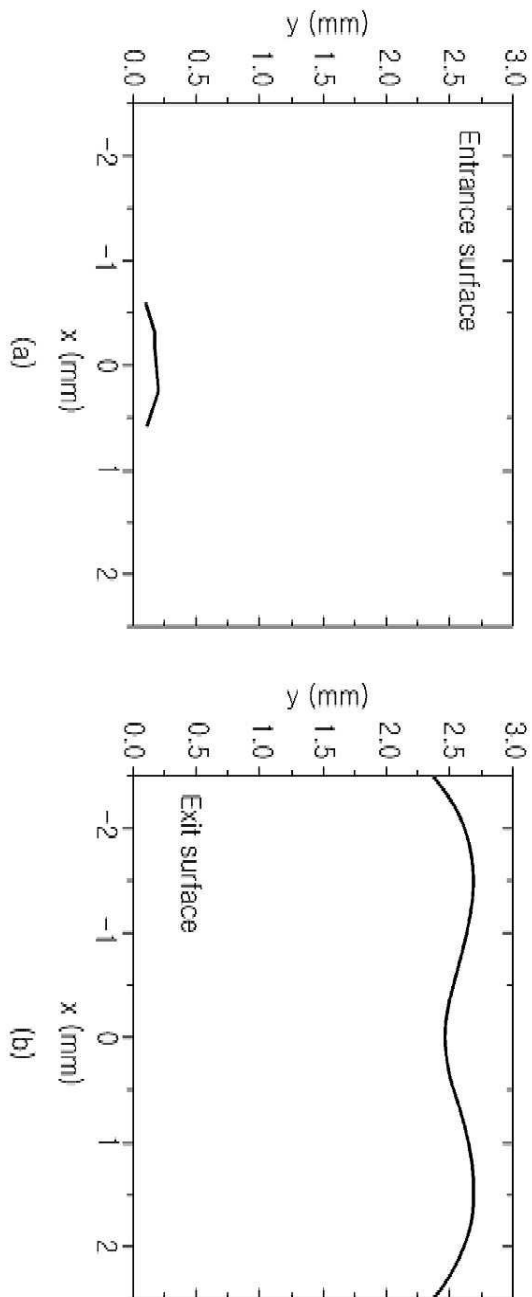
도면4



도면5



도면6



도면7

