

LightTools에 의한 집광광학계의 특성연구

안경일, 한총창

투광등을 비롯한 조명설비들의 빛세기분포특성을 평가하는것은 광학계를 합리적으로 구성하고 그 설계를 조정하여 효율을 제고하고 조명효과를 보장하는데서 의의를 가진다.[2, 3]

선행연구[1]에서는 두꺼운 평볼록렌즈조명광학계의 기하광학적인 해석모형을 제시하고 합리적인 구성방안을 연구하였다. 그러나 여기서는 광원의 크기를 무시하고 빛뿜음퍼짐각 등에 대한 해석을 진행하였으며 비침면에서의 비침도분포에 대해서는 언급하지 않았다.

론문에서는 LightTools조명설계프로그램을 리용하여 광원의 크기를 고려하면서 두꺼운 평볼록렌즈조명광학계의 조명특성을 평가하고 설계를 완성하는 방법을 제시하였다.

1. LightTools에서 조명광학계모형의 창조 및 모의절차

조명광학계는 광원과 광학요소, 접수기로 구성된다.

1) 조명광학계모형의 창조절차

(1) LED광원을 창조한다.

① 광원의 3차원모형을 창조한다.

우리가 리용한 LED광원은 소편들이 원판우에 배치된 직경이 20mm인 원형광원이다. 광원서고를 리용하거나 안내띠 또는 지령판을 리용하는 등 여러가지 방법으로 광원을 창조할수 있다. 그중 많이 쓰이는 지령판을 리용하는 방법을 보면 다음과 같다.

지령판을 리용한다.

지령판우의 Ray Tracing>Surface Sources>CylSource를 선택한다.

세번째 준위판안의 많은 지령건들은 마우스누르기작용과 상대위치를 결정하는데 필요한 마우스누르기순서를 나타내는 번호들을 가지고있다.

원기둥인 경우 원기둥중심과 반경, 원기둥의 높이를 나타내는 점과 차례번호가 도구그림기호에 표시되어있는데 이 순서로 작업장에서 점들의 위치를 선택하여 원기둥형광원을 창조한다.

② 광원의 광학적정수들을 설정한다.

복사범위와 배향, 복사출력, 복사면 등을 설정해준다.

우선 복사범위와 배향을 정의한다.

체계관리창안의 광원목록안에 창조된 광원모형이름우에서 오른쪽단추를 찰각하고 지름안내에서 Properties를 선택하여 속성창을 펼친다. Aim Sphere태브를 누른 다음 복사범위와 배향을 정의하기 위해 Angle에서 Upper와 Lower, Orientation에서 Alpha와 Beta에 각각 해당 설정값들(실례로 Upper에 0, Lower에 90, Alpha에 0, Beta에 0)을 입력한다.

다음으로 복사출력을 설정한다.

속성창에서 Emittance태브를 누른 다음 Total Flux/Power안의 Radiometric Power, Photometric Flux 두 옵션중 하나(실례로 Radiometric Power옵션)를 선택한다. 다음 출력값을

입력하고 Measured Over에서 Whole Sphere나 Aim Region중 Aim Region을 선택하여 전구공간이 아니라 위에서 설정한 복사범위안으로 복사하도록 한다.

다음으로 스펙트르분포를 설정한다.

속성창에서 Spectral Region태브를 누른 다음 표안에 복사파장과 무게 등을 설정해준다.

마지막으로 복사면을 설정한다.

광원에서 실지 복사하는 곳은 소편들이 배치된 면이므로 나머지면들에 대해서는 복사불가능상태로 설정해주기 위해 체계관리창안의 Illumination Manager>Source List에서 해당 광원이름을 오른찰각하고 Properties를 선택하여 속성창을 펼친다. 창원쪽의 객체목록에서 복사불가능으로 설정해주려는 면을 선택하고 Emittance태브를 누른 다음 Emit Rays From Surface검사칸을 선택해제하고 Apply건을 누른다.

(2) 렌즈를 창조한다.

① 렌즈의 3차원모형을 창조한다.

지령판의 Elements>Place Singlet>Sketch4PtLens를 선택하여 구면렌즈모형을 창조한다.

② 렌즈의 광학적속성을 설정한다.

모형을 오른찰각하고 Optical Properties를 선택하여 광학적속성설정창을 펼치고 창의 왼쪽목록구역에서 속성을 설정해주려는 면을 선택한 다음 Smooth Optical옵션을 선택한다. Smooth Optical태브를 누르고 반사률과 투과률, 흡수률에 해당하는 값을 입력한다.

(3) 광학접수기를 창조한다.

지령판의 Elements>Dummy Surfaces>DummyPlane를 리용하여 비침면을 창조한 다음 이 면우를 오른찰각하고 Add Receiver를 선택하여 이 면우에 접수기를 창조한다.

2) 조명광학계의 모의절차

안내띠의 Ray Trace>Simulation Input에서 앞방향모의에서 추적할 총광선수와 미리보기 광선수 등을 설정해준 다음(컴퓨터성능을 고려하여 광선수를 선정) Begin All Simulations단추를 찰각하거나 도구띠우의 Begin All Simulations단추를 찰각하여 모의를 시작한다.

안내띠의 Analysis>Illumination Display에서 요구하는 출력결과보기형식을 선택한다.

2. 모의결과 및 분석

모의를 진행한 조명광학계의 구조는 그림 1과 같다.

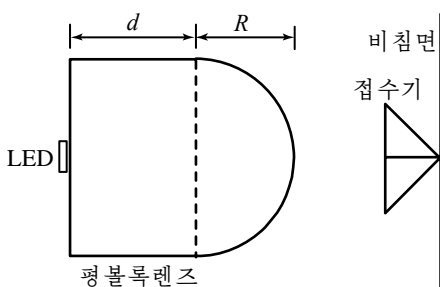


그림 1. 조명광학계의 구조

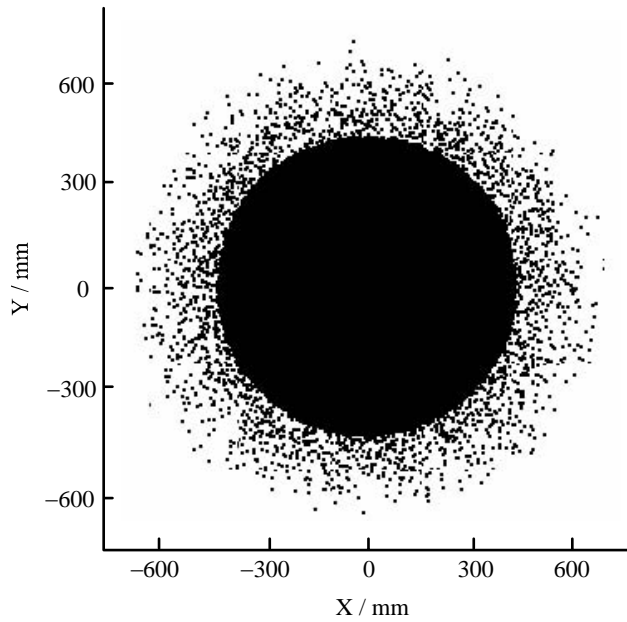
두꺼운 렌즈에서 광선의 전파특성은 곡률중심으로 부터 평면까지의 거리에 대한 볼록구면의 곡률반경의 비 R/d 에만 관계되므로[1] 이 값을 변화시키면서 비침도분포를 조사하고 이에 기초하여 빛뭉음최소퍼짐각을 결정하였다.

모의에서 리용한 광원의 직경은 20mm, 렌즈의 직경은 120mm이다.

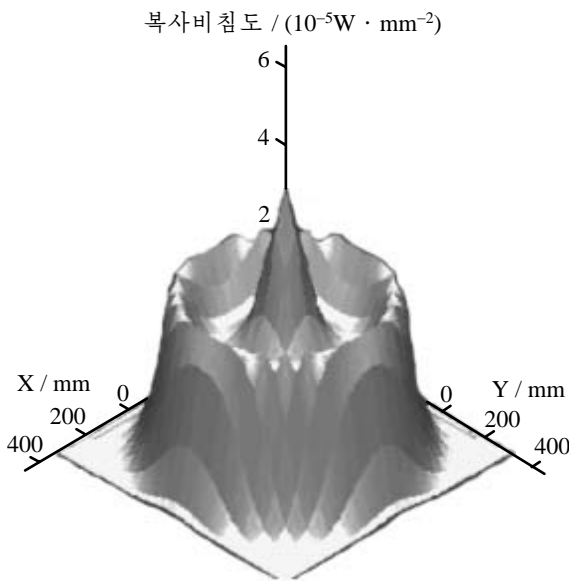
광원의 크기를 무시한 경우 $R/d=0.92$ 일 때의 모의결과를 그림 2에 보여주었다.

그림 2로부터 알수 있는바와 같이 R/d 가 0.92일 때 비침도분포는 원활하지 못하며 빛뭉음퍼짐각은 $\sim 9^\circ$ 로서 최소로 되고 이것이 선행연구[1]결과와 거의 일치하는데로부터 여기서 논의한 방법을 광원의 크기를 고려한 경우의

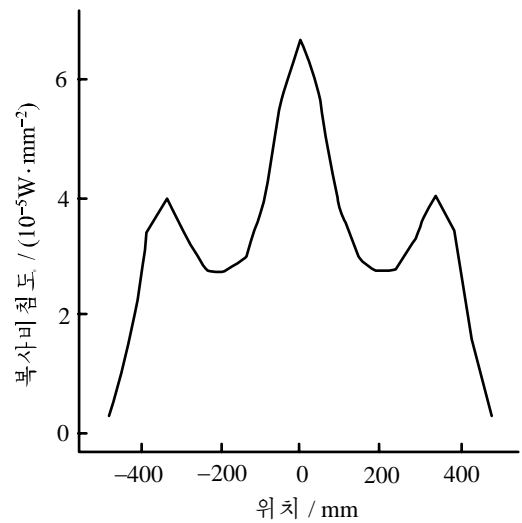
광학계특성연구에 그대로 리용할수 있다.



ㄱ)



ㄴ)



ㄷ)

그림 2. 광원의 크기를 무시한 경우 모의결과($R/d = 0.92$)

ㄱ) 산포도, ㄴ) 3차원면그래프, ㄷ) 총그래프

우리는 선행연구[1]에서와는 달리 광원의 크기를 고려하여 모의를 진행하였다.

광원의 크기를 고려한 경우 $R/d = 0.84$ 일 때 빛뭉음퍼짐각은 $\sim 15^\circ$ 로서 최소로 되며 비침도분포는 아주 원활하다.(그림 3)

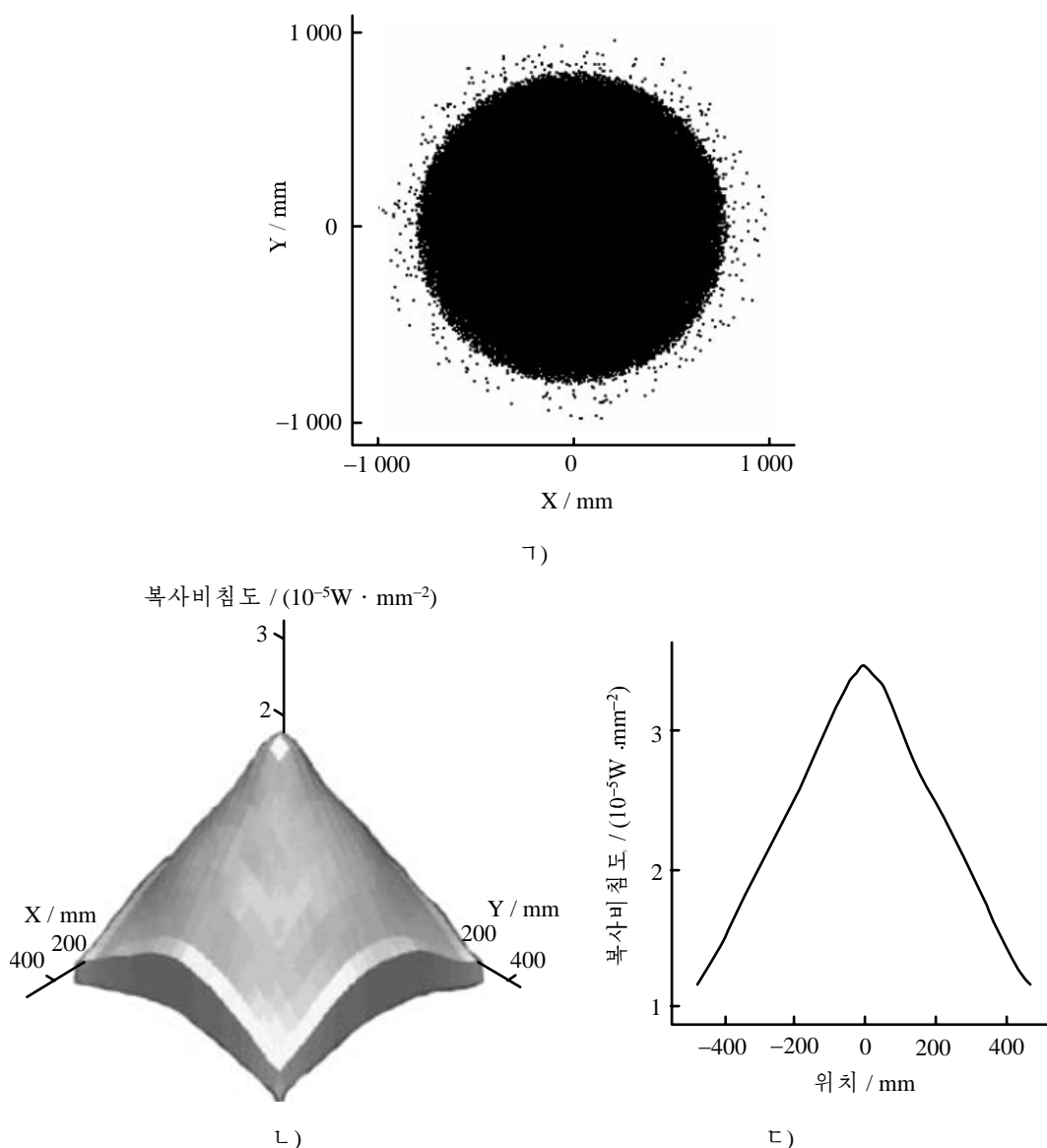


그림 3. 광원의 크기를 고려한 경우 모의해석결과

ㄱ) 산포도, ㄴ) 면그래프, ㄷ) 총그래프

따라서 곡률중심으로부터 평면까지의 거리에 대한 볼록구면의 곡률반경의 비를 0.84로 보장하여 광학계를 구성하여야 퍼짐각이 최소로 되어 조명효율을 최대한 높이면서도 원활한 비침도분포를 얻을수 있다.

맺 는 말

조명설계프로그램(LightTools 7.0)을 리용하면 광원과 매우 가까이 배치한 두꺼운 평볼록렌즈로 구성된 조명광학계의 특성을 정확히 평가할수 있다.

광원의 크기를 무시하는 경우 $R/d=0.92$ 일 때 빛뿔음퍼짐각은 $\sim 9^\circ$ 로서 최소로 되며 광원의 크기를 고려하는 경우 $R/d=0.84$ 일 때 빛뿔음퍼짐각은 $\sim 15^\circ$ 로서 최소로 된다.

참 고 문 헌

- [1] 김지현 등; 물리, 1, 34, 주체108(2019).
- [2] K. Wang et al.; Opt. Express, 19, A830, 2011.
- [3] H. Yang et al.; Proc. IEEE, 57, 1044, 2009.

주체108(2019)년 12월 5일 원고접수

Research of Characteristics of a Condenser Optical System by Using LightTools

An Kyong Il, Han Chong Chang

It is possible to evaluate exactly characteristics of illuminating optical system which consists of a light source and a thick plano-convex lens very close to it by using LightTools.

In case of neglecting the size of a light source, a diffuse angle of light beam has a minimum as about 9° when $R/d=0.92$, while taking the size of the light source into consideration, the diffuse angle can be minimized as about 15° when $R/d=0.84$.

Keywords: LightTools, illuminating optical system