

Visible ray trace 방법을 이용한 PDP cell에서 발생한 가시광선 분포 계산

황석원, 송인철, 임왕선, 윤현진, 이해준
부산대학교 전자전기공학과

Calculation for Distribution of Visible light Emitted from PDP cell using Visible Ray Tracer Method

Seok Won Hwang, In Cheol Song, Wang Sun Lim, Hyun-Jin Yoon, Hae June Lee
Department of Electrical Engineering, Pusan National University

Abstract - PDP cell에서 발생한 가시광선의 분포를 visible ray trace 방법을 이용하여 계산하였다. 본 논문에서는 ITO-less 구조를 시뮬레이션 하여 가시광선의 출구 효율, illuminance 분포, luminance 분포를 구하였다.

1. 서 론

플라즈마 방전으로 생긴 자외선은 PDP cell 내부에 존재하는 형광체를 여기 시키고 여기된 형광체는 가시광선을 방출한다. 방출된 가시광선은 cell 내부에서 반사 또는 흡수가 되며 최종적으로 상판으로 가시광선이 나온다. 하지만, 가시광선은 복잡한 반사 과정을 거친 후에 최종적으로 상판으로 나오기 때문에, 가시광선의 출구 효율을 실험적으로 측정하기 어렵고 정확한 가시광선의 분포 또한 알기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 visible ray trace 방법을 이용하여 실험적으로 측정하기 어려운 가시광선의 출구효율과 출구분포를 계산하였다.

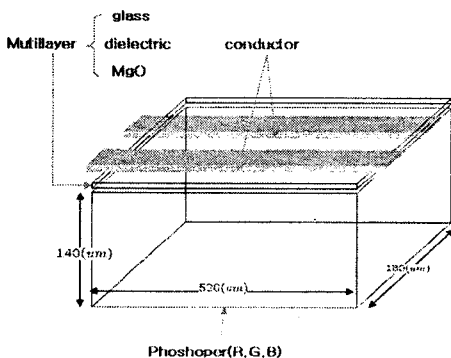
2. 본 론

2.1 시뮬레이션 방법

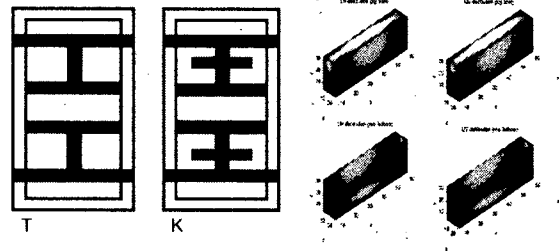
컴퓨터 그래픽에서 널리 쓰이는 렌더링 방법 중에 크게 ray tracing 방법과 radiosity 방법이 있는데 본 논문에서는 radiosity 방법을 이용하여 시뮬레이션 하였다. radiosity 방법의 가장 큰 특징은 빛이 모델 표면에서 반사할 때 ideal 하게 난반사된다고 가정하는 것이다. Radiosity 방법은 모델 표면을 mesh 로 자른 후 mesh 사이의 에너지 전달비를 의미하는 form factor[3] 를 구한 후 (1)번 방정식[1]을 여러 방법을 이용하여 계산하여 viewing plane에 도달하는 가시광선의 분포를 얻는 것이다. 하지만, 본 시뮬레이션에서는 모든 물체 표면에서 빛이 이상적으로 난반사한다고 가정하지 않았고 크게 상·하판에 따라 빛의 반사 형태가 달라진다고 가정했는데, 하판인 형광체에서는 이상적인 난반사를 한다고 하였고 상판에서는 multi-layer theorem[2]에 의해 결정되어지는 반사율을 가지고 정반사를 한다고 가정하였다. 따라서 하판으로 직접 빛이 전달될 때는 mesh 사이의 에너지 전달율인 form factor를 이용하여 전달된 빛의 양을 계산하였고, 상판에서 한 번 반사된 후 가는 빛은 multi-layer theorem 으로 반사율을 구한 후 하판으로 가는 빛의 양을 계산하였다. 수렴조건에 만족할 때까지 iteration 하여 최종적으로 cell 내부에 가시광선이 존재하지 않을 때까지 iteration 방법을 이용하여 viewing plane 에 도달하는 가시광선의 분포를 얻었다.

$$B_i(\hat{u}) = E_i(\hat{u}) + \sum p_i(\hat{u};\hat{u}') F_{ij} B_j(\hat{u}') \quad (1)$$

2.2 시뮬레이션 모델



<그림 1> 시뮬레이션 모델



<그림 2> (a) 시뮬레이션 모델

(b) UV profile

<표 1> 물질의 두께와 상대 유전율

Material	Thickness(m)	Relative Permittivity
MgO	5e-7	9.65
Dielectric	30e-6	12
glass	3e-3	3.8

<표 2> 물질에 따른 반사 종류와 반사 계수

Material	Reflection Type	Reflectance
Phosphor	Diffusive	0.9
Multilayer	Specular	M
Conductor	Specular	0.98

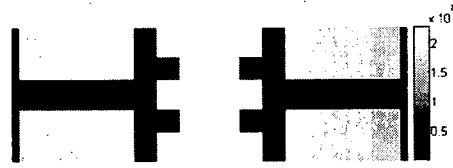
시뮬레이션 할 구조에 대한 전체적인 모양을 그림 1에 나타냈다. 본 논문에서는 두 개의 ITO-less 구조에 대한 시뮬레이션을 하였는데, 그림 2 (a)에서 각 구조의 conductor 분포 모습을 (b)에서는 자외선이 벽면으로 입사하는 분포를 F3p[6] code를 이용하여 나타낸 것이다. 표 1에 각 물질의 두께와 상대유전율을, 표 2에 빛이 물체에 입사했을 때의 반사 양식과 반사계수를 표시하였다. 표 2에서 M의 의미는 multi-layer theorem에 의해 결정되어지는 반사율을 나타낸 것으로 입사 각도에 따라서 달라지게 되는 양이다.

2.3 시뮬레이션 결과

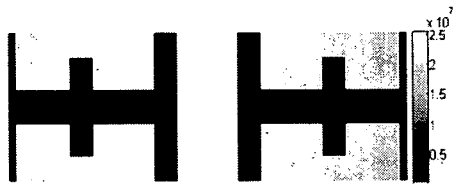
형광체에서 자외선에 의해 발생된 가시광선의 양 대비 상판으로 투과되어 나오는 가시광선의 양인 출구효율을 표 3에 나타내었다. 표 3에서 보듯이 대략적인 가시광선의 출구효율은 60%로 [4]의 표 1에 나타나 있는 Photons reaching the user의 효율과 비슷한 것으로 나타났다. 하지만, 형광체에서의 반사율을 0.3으로 낮추면 출구효율이 10%이하로 크게 떨어지는 것을 알 수가 있어[5], 형광체에서의 반사율이 출구효율에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 표 3에서 T-h 구조가 King 구조에 비해 출구효율이 약간 높음을 알 수 있는데, 이는 T-h구조가 King 구조보다 conductor의 전체 면적이 조금 커서 개구율에서 차이가 나기 때문이다.

〈표 3〉 구조에 따른 출구효율

구조	개구율(%)	출구효율 (%)
T-h	67.95	60.56
King	64.11	59.25

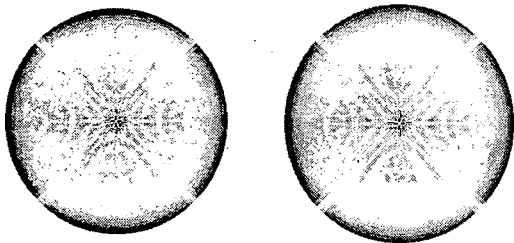


(a) T-h



(b) King

〈그림 3〉 distribution of illuminance



〈그림 4〉 distribution of luminance

가시광선이 상판으로 나올 때의 illuminance 분포를 그림 3 에 나타냈다. 주로 상판 가운데 부분에서 가시광선이 많이 나오는 것을 알 수 있고, 긴 옆면에서 빛이 많이 나오는 것을 알 수 있는데, 자외선이 길이가 긴 격벽 면으로 많이 입사되기 때문이다(보통 하판으로 입사하는 자외선 중 30% 이상이 길이가 긴 한 개의 면으로 입사되는 것을 알 수 있다). 그리고 그림 3의 (a)와 (b)에서 보듯이 conductor 의 구조가 illuminance 분포에 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 그림 4에서는 각도에 따른 luminance 분포를 나타냈다. 넓은 각도 분포에 걸쳐서 luminance의 세기가 일정한 것을 볼 수 있는데, 이 결과로부터 pdp가 넓은 시야각을 가지는 이유를 설명할 수 있다.

3. 결 론

출구효율이 대략적으로 60%인 것을 알 수 있었다. 하지만 출구 효율은 물질의 반사율에 의해 크게 변동이 되는데, 특히 하판의 형광체의 반사율에 의해 크게 좌우가 되는 것을 알 수 있다. 반사율을 0.9에서 0.3 으로 1/3 낮추었지만, 출구효율은 1/6 로 줄어드는 것을 알 수 있다. 가시광선의 illuminance 분포에서는 PDP cell 의 가운데로 가시광선이 많이 나오는 것을 알 수가 있고, conductor 구조에 영향을 받지 않음을 알 수 있다. luminance 분포가 넓은 각도 걸쳐서 일정한 것을 알 수 있는데, 이 결과로부터 pdp 가 넓은 시야각을 가지는 이유를 설명할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Hae June Lee, Hyun Jin Yoon, Jae Koo Lee, "Simulation of photons from plasmas for the applications to display device", Computer Physics Communications(2007), doi:10.1016/j.cpc.2007.02.030
- [2] Frank L. Pedrotti, S.J., Leno S. Pedrotti, "Introduction

to optics, 2nd edition", Pearson Education International, Ch. 19.

[3] Francois X. Sillion, Claude Puech, "Radiosity and global illumination", Morgan Kaufmann Publishers, 1994

[4] Larry F. Weber, IEEE Trans. Plasma Sci. Vol 34, No.2, April, 2006

[5] 황석원의 3명, "Radiosiy 방법을 이용한 PDP의 방사효율 개선 방법", 전기학회, 부산경남울산지역 춘계학술대회 2007

[6] H.C. Kim, M. S. Hur, S. S. Yang, S. W. Shin, and J. K. Lee, "Three-dimensional fluid simulation of a plasma display panel cell", Journal of Applied Physics, Vol 91, No. 12, 2002