

유전체 도파관을 이용한 고휘도 무전극 HID 램프의 특성 연구

*김정영,¹ 원동호,¹ 김진중,¹ 김경신,² 홍성호,² 김정원²
¹세종대학교 광전자공학과, ²태원전기산업(주) 부설연구소

Studies on Electrodeless HID Lamps Using a Dielectric Waveguide

*Jung Young Kim,¹ Dong Ho Won,¹ Jin Joong Kim,¹ Kyoung Shin Kim,² Sung Ho Hong,² Jeong Won Kim²
¹Department of Optical Engineering, Sejong University, ²Taewon Lighting R&D Laboratory

Abstract - 마이크로파와 같은 초고주파를 이용한 방전은 여러 분야에서 응용되고 있으며, 초고주파 고강도 방전 기술은 무전극 HID 램프의 기본 되는 기술이다. 특히 소형화된 마이크로파 방전 HID 램프는 그 응용이 광범위 할 것이다.

본 논문에서는 자기장 해석 시뮬레이터를 사용하여 유전체 도파관의 크기를 결정하고, 본 연구실에서 개발한 소형화 고휘도 무전극 HID 램프의 조건에 맞는 parameter를 이용하여 방전 시스템을 설계하였으며, 유전체 도파관에서의 화합물에 따른 무전극 HID 램프의 광학적 특성(스펙트럼, 휘도, 상관색온도, 연색성지수)에 관한 실험결과를 보고하다.

1. 서 론

고휘도 무전극 HID 램프란 램프 내부에 전극이 없는 램프로서 고주파 방전에 의해 플라즈마를 생성하여 고휘도의 광출력을 내는 램프를 말한다. 현재 일반적으로 사용되고 있는 형광 램프는 램프 양단의 전계를 가해주면 내부에 존재하는 hot cathode나, cold cathode에서 전자가 방출되어 내부 가스들을 여기 시켜 발광하게 되는데 이때 전계에 의해 발생한 전자 주변에 형성된 형광체나 전극과 스퍼터링을 일으킨다. 이에 봉입된 가스 외에 불순가스를 생성하여 수명이 단축된다[1]. 그러나 무전극 HID 램프의 경우 내부 스퍼터링 및 불순가스가 생성되지 않아 오랜 시간동안 광속을 유지할 수 있으며 장수명이다. 무전극 방전기술의 하나인 가스나 금속 증기의 초고주파 방전은 여러 가지 광원의 궁극적인 적용 기술의 하나로 오랫동안 연구 개발 되어 왔으며 조명용 광원 시스템의 획기적인 기술로 인식되어왔다[2].

비형광 광원을 사용하는 초고주파 방전램프는 무전극 황전등이 시조인데, 이 기술이 InBr, CsBr 등과 같은 다른 2-원자 메탈화라이드에도 적용될 수 있다는 것이 시연되었으며, 연색성 지수가 높기 때문에 체육관, 터널, 수영장, 공항, 박물관등에 사용될 수 있으며, 소형화가 이루어질 경우 조명은 물론 프로젝션 디스플레이, HDTV, 의료 조명기기와 같은 첨단 기기의 광원으로 사용될 수 있는 고휘도 광원으로 실용화 단계에 와 있다[3].

본 논문에서는 자기장 해석 시뮬레이터를 사용하여 유전체 도파관의 크기를 결정하고, 본 연구실에서 개발한 소형화 고휘도 무전극 HID 램프의 조건에 맞는 parameter를 이용하여 방전 시스템을 설계하였으며, 유전체 도파관에서의 화합물에 따른 무전극 HID 램프의 광학적 특성(스펙트럼, 휘도, 상관색온도, 연색성지수)에 관한 실험결과를 보일 것이다.

2. 본 론

2.1 유전체 도파관 시뮬레이션

본 연구팀은 시스템의 소형화를 위해 유전체 도파관을 사용하였고 도파관의 절계를 위해 CST사의 microwave studio(MWS)를 사용 유전체 도파관의 크기를 결정하였다.

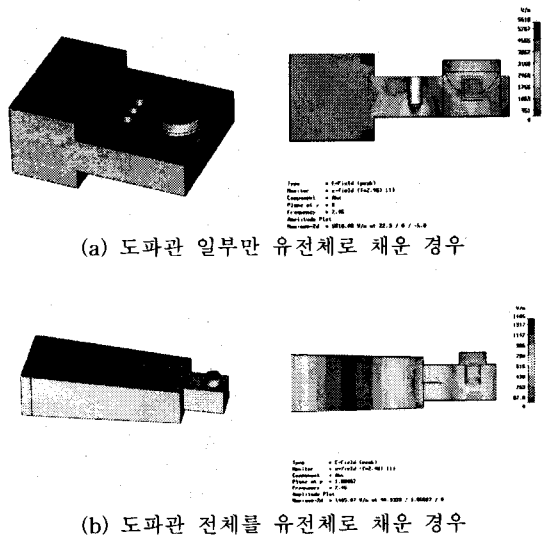


그림 1. 유전체 도파관 시뮬레이션

사용한 주파수는 2.45GHz를 사용하였고, 마이크로파가 이동하는 부분은 금속도체로 perfect conductor로 설정하였고, 이 부분을 통과한 마이크로파는 유전율을 갖는 유전체를 통과하도록 설계를 하였다. 이러한 방법으로 그림 1.과 같은 두 가지의 도파관을 설계하였다. 램프에 흡수하지 못하고 반사되는 마이크로파가 없게 하기 위해 Stub을 위치 시켰고, Stub의 길이 변화에 의해 최적의 조건을 찾았다.

2.2 시스템 구성 및 측정 방법

simulation을 기반으로 그림 2.와 같은 시스템을 구성하였으며, 지름 $\phi 12$ lamp에 99.999%의 Ar 10torr와 다른 양의 화합물을 사용하였다. 주파수는 2.45GHz를 사용하였고, 그림 1.의 두 가지 도파관을 사용하여 실험하였다.

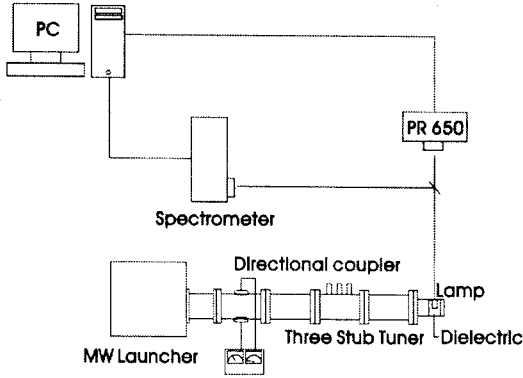
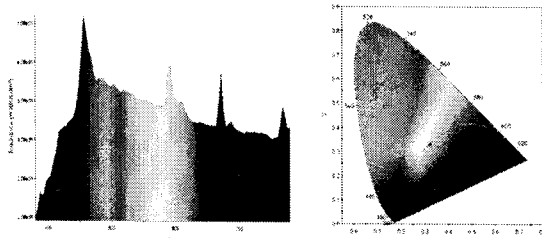


그림 2. 실험장치 구성도

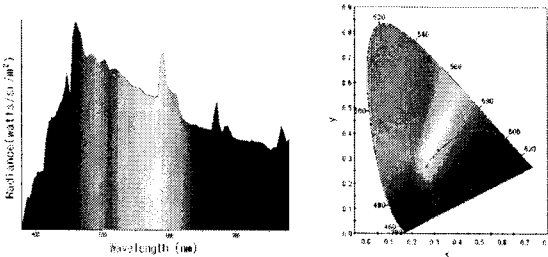
데이터는 200W 방전을 기준으로 하였으며, 입력전력 측정은 Directional coupler와 power meter를 사용하였으며, 스펙트럼 분석을 위해 1/2-m spectrometer (Acton spectrapro 500i)를 사용하였다. 휘도, 연색성, 색온도 측정은 Colorimeter (Photo Research PR650)로 측정하였다.

2.3 실험 결과

두개의 유전체 도파관에 InBr를 사용한 무전극 HID 램프를 넣고 방전 시켰을 때 방전 spectrum은 그림 3.과 같다.



(a) 도파관 일부만 유전체로 채운 경우의 InBr의 스펙트럼과 상관색온도



(b) 도파관 전체를 유전체로 채운 경우의 InBr의 스펙트럼과 상관색온도

그림 3. InBr의 스펙트럼과 상관색온도
- $P_{in}:200W$, InBr(1.5 μ), Ar(10torr)

그림 3.의 (a)의 경우 휘도는 $1.372e+007cd/m^2$, 상관색온도는 5968K, 연색성지수는 97이 나왔고 (b)의 경우는 휘도는 $2.703e+007cd/m^2$, 상관색온도는 6101K, 연색성지수는 96이 나왔다. 두 경우다 스펙트럼과 상관색온도를 통해 거의 완벽한 백색광임을 알 수 있었다.

일부만 유전체로 채운 도파관(그림 1.의 (a))에 Metal halide lamp에 들어가는 화합물 3 μ 과 buffer gas로 99.999%의 Ar 10torr를 넣은 lamp를 똑같은 방법으로 측정을 하였다.

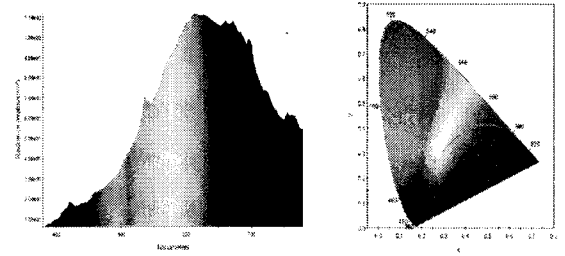


그림 4. Metal halide lamp의 스펙트럼과 상관색온도
- $P_{in}:200W$, Metal halide(3 μ), Ar(10torr)

휘도는 $5.628e+006cd/m^2$, 상관색온도는 2758K, 연색성지수는 91로 측정이 되었다. 스펙트럼과 상관색온도를 통해 약간 노란색을 띄는 것을 볼 수 있다.

전체를 유전체로 채운 도파관(그림 1. (b))에 InBr와 S₂를 혼합한 화합물을 넣고 똑같은 방법으로 측정을 하였다.

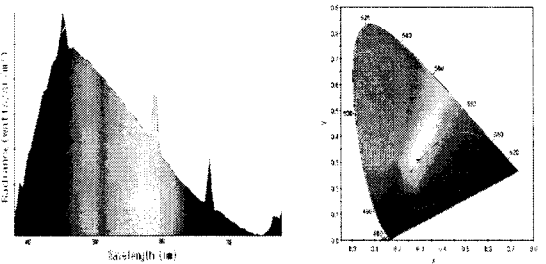


그림 5. InBr+S₂의 스펙트럼과 상관색온도
- $P_{in}:200W$, InBr(0.5 μ), S₂(1 μ), Ar(10torr)

휘도는 $2.164e+007cd/m^2$, 상관색온도는 8287K, 연색성지수는 93으로 측정이 되었다. 스펙트럼과 상관색온도를 통해 약간 푸른색을 띄는 것을 볼 수 있다.

표 1. 유전체 도파관에서의 화합물에 따른 고휘도 HID 램프의 광학적 특성

	도파관	휘도	상관색온도	연색성
InBr	(a)	$1.372e+007$	5968	97
	(b)	$2.703e+007$	6101	96
Metal halide	(a)	$5.628e+006$	2758	91
InBr+S ₂	(b)	$2.164e+007$	8287	93

이렇게 유전체 도파관에서의 고휘도 무전극 HID 램프의 화합물에 따른 광학적 특성을 보았다. 표 1.에서 (a)는 일부만 유전체로 채운 도파관을 (b)는 전체를 유전체로 채운 도파관을 나타낸다.



(a) 도파관 일부만 유전체로 채운 경우의 실제방전 사진



(b) 도파관 전체가 유전체로 채운 경우의 실제방전 사진

그림 6. 유전체 도파관에서의 실제 발광사진

그림 6은 유전체 도파관에서 분자형 발광체를 이용한 고휘도 무전극 HID 램프의 실제 발광사진을 보여주는 것이다.

3. 결 론

본 논문에서는 유전체 도파관을 사용하여 분자형 발광체를 이용한 고휘도 무전극 HID 램프의 광학적 특성을 보였다. 화합물의 종류에 따라 각각 다른 스펙트럼을 갖는 것을 알 수 있었고, 화합물의 종류와 양에 의해 원하는 스펙트럼을 갖는 광원을 만들 수 있다는 것을 알 수 있었다. 그리고 유전체를 사용해서 도파관의 크기를 축소하여도 광학적 특성에는 아무런 문제가 없음을 알 수 있었다. 이것은 소형화된 고휘도 무전극 HID 램프의 개발로 조명은 물론 프로젝션 디스플레이, HDTV, 의료 조명기기등 첨단기기의 광원으로서 사용이 가능하다는 것을 보여준다.

감사의 글

본 연구를 위한 산업자원부 주관 "IMT-2000/전통산업의 IT 접목기술개발사업"의 지원을 감사드립니다.

[참고 문헌]

- [1] Waymouth, J. F. "Electric discharge lamp", MIT Press, pp.11-46, 1971.
- [2] Wharmby, D. O. "Electrodeless lamp for lighting: a review", IEE Proceedings 140A, pp.465-473, 1993.
- [3] Kirkpatrick, D. A. "Aperture Lamps", Proc. the 9th International Symposium on the Science and Technology of Light Sources, Ithaca, N.Y. 12-16 August 2001(Cornell University Press, Ithaca, N.Y.). 309, 2001.