

H-방전을 이용한 무전극 방전 램프의 특성

Properties of the Electrodeless Discharge Lamp Using H-Discharge

김태현* 최재명* 이병기** 박동화***

Tae-hyoun Kim.* Jae-myoun Choi. Byoung-gi Lee. Tong-wha Park.

1. 서 론

전기의 발명과 함께 19세기말 에디슨에 의해 발명된 백열 전구로부터 광원에의 전기의 이용이 시작되었고 현재는 루미네센스를 이용한 방전램프로 발전되어 이것들이 주류를 이루고 있다. 그 중에서도 널리 활용되는 방전등으로는 형광램프를 들 수 있는데, 최근에 효율이 높고 사용이 편리한 전구형 형광등이 널리 사용되고 있다. 그러나, 일반적으로, 방전램프의 경우 전극은 초기 전자를 방출하기 위해서 방전로 내에 위치함으로써 산화·휘발되고 시간이 지남에 따라 전자 방출 능력을 상실함으로써 수명 감소의 주된 원인이 되어 왔다. 따라서 전극이 방전로 내에 위치하지 않을 수 있다면 램프의 수명 개선의 효과를 얻을 수 있다고 생각된다.^[1]

무전극 방전은 고주파 전원을 사용한 RF 방전과 마이크로파를 이용한 마이크로파 방전이 있다. RF

방전은 용광적 결합방전인 E-방전과 유도적 결합 방전인 H-방전으로 분류되는데, E-방전은 RF전원을 평행판에 인가해서 전극사이에 형성된 전장에 의해서 평행판 사이에 위치한 방전관의 방전을 유지하는 경우로서 글로우 방전에 가까운 특성을 갖지만 H-방전은 방전관에 설치된 코일에 RF전원을 인가해서 축방향의 교번자계를 발생시키고 그 교번자계에 의해 유도된 환형의 유도 전계에 의해서 방전을 유지한다 이것은 고밀도의 아크에 가까운 성질을 보이므로 E-방전에 비해 효율이 높아서 광원으로서 이용하기에 알맞은 특성을 갖고 있다.^{[2],[3]}

이 원리는 형광등 뿐만 아니라 메탈 할라이드 램프 등 여러 방전등에 적용될 수 있다.^[4]

무전극 방전의 원리는 1940년대^[5]부터 발표되었으나 여러 가지 문제로 인해서 상용화되지 못하였고, 그 후로 소형, 고성능의 전자부품이 개발되면서 일본, 미국 및 유럽 등 세계 각지에서 활발한 연구가 이루어져 시제품까지 나와 있지만 우리나라에서는 여인선^[6]에 의해 무전극 방전 원리의 소개만이 되어있을 뿐, 구체적인 연구가 발표되고 있지 않은 상태이다. 따라서, 본 연구는 무전극 방전램프의 국산화를 위한 기초적인 연구로서 H-방전을 이용한 무전극 방전램프의 특성을 분석하였다.

* 인천대학교 전기공학과 석사과정

** 거창기능대학 정교수

*** 인천대학교 전기공학과 정교수

2. 실험 및 결과

2.1 실험

2.1.1 실험 장치

그림1은 본 논문의 실험을 위한 장치의 개요이다.

코일전압 및 전류는 Oscilloscope (HP 54615B 500 Mb)로 검출되고 광 스펙트럼의 측정에는 Spectrum Analyzer (ANDO AQ6315A)를 사용하였다. 또한, 입력전력, 전류, 전압의 측정을 위해서는 각각 전력계, 전류계, 전압계가 사용되었다. 램프의 광특성을 평가하기 위해서는 램프에서 발생하는 총광속을 측정해야하지만 총광속은 측정하기가 까다롭고 고가의 장비를 요하므로, 본 실험에서는 광속의 변화율을 측정하기 위해서 휘도계를 사용하였다.

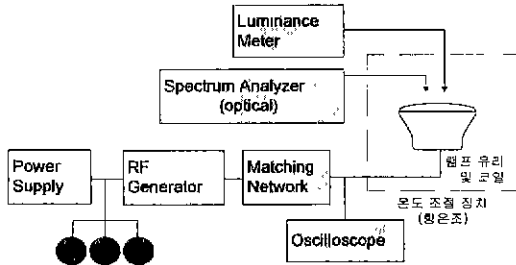


그림 1. 실험계의 블럭도
Fig. 1. Block diagram of the experimental system

본 실험에서의 램프 유리구는 GE사의 Genura라는 제품의 것을 사용하였고 유리구의 형태는 그림 2에 나타내었다. 유리구의 세로 직경은 최대 78mm, 가로 63.5mm이고 코일이 존재하는 관은 직경 24.5mm의 길이 52.5mm로서 코일이 완전히 유리구 외부에 위치하도록 설계되었다. 방전관의 외부는 도전성 도료로 도포되어서 고주파 전원을 사용함으로써 발생하는 전자파를 차단하고 있으며 방전관의 내부는 형광체를 도포하였다. 또한, 그림과 같이, 그 외의 부분엔 티탄 반사체로서 방전관에서 발생하는 자외선의 손실을 억제하고 있다. 지속을 발생시키는 코일은 페어라이트에 15회 감겨있다. 페어라이트는 외경 18mm, 두께 4mm, 길이 36mm의 관형으로 되어 있으며 페어라이트 관 내부엔 유리구와 연결된 배기관이 관통하는 구조로 되어 있다.

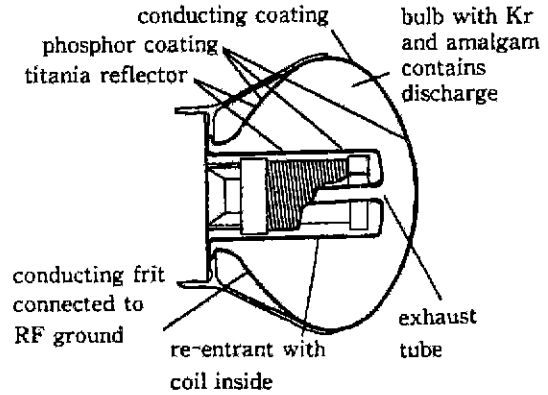


그림 2. 램프유리구의 형태
Fig. 2. Shape of lamp bulb

2.1.2 실험 방법

무전극 방전 램프의 특성을 알기 위해 다음과 같은 실험을 실행하였다.

1. 주위온도 특성 측정

- 램프를 항온조(온도 조절 장치)내에 설치하여 주위온도에 따른 램프의 발생광속의 변화를 측정한다.

2. 광 스펙트럼 측정

- Spectrum Analyzer를 사용하여 출력 광의 스펙트럼을 측정하고 색좌표를 도출한다.

3. 입력전압 특성 측정

- 전압 변화에 따른 광출력 및 입력전류와 전력의 변화를 측정한다.

4. 점등 및 소등전압 특성 측정

- 점등 및 소등시의 입력전압과 코일전압을 측정한다.

2.2 실험 결과

2.2.1 온도 특성

그림 3은 정격전압과 240V, 200V에서의 온도변화에 따른 광출력의 변화를 나타내었다. 25~30℃에서 광출력이 최대가 되고 있으며 10℃부근에서는 급격히 저하하고 있다. 또한 고온영역보다 저온에서 전압 변동에 따른 광출력의 변화도 크다. 이것은 온도가 저하하면 발광관 내의 수은 증기압도 저하하여 상온

에서와 같이 안정한 방전을 유지할 수 없기 때문에 저온에서의 방전특성을 개선하기 위한 노력이 필요하다.

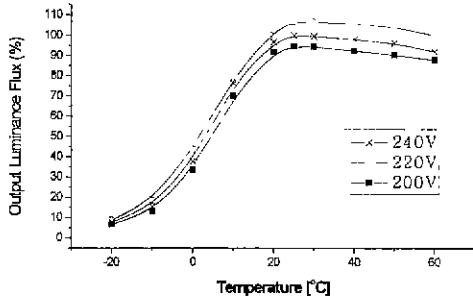


그림 3. 온도-광속 특성곡선
Fig. 3. Temperature-Luminance flux characteristic curve

2.2.2 광색 및 스펙트럼

그림 4는 주위온도 30°C에서의 스펙트럼이며 그림 5는 영하 20°C에서의 스펙트럼이다.

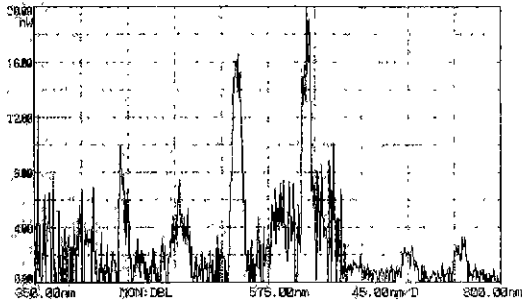


그림 4. 30°C에서의 광 스펙트럼
Fig. 4. Photo spectrum on 30 °C

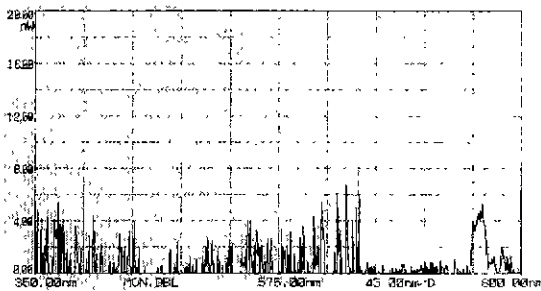


그림 5. -20°C에서의 광 스펙트럼
Fig. 5. Photo spectrum on -20 °C

램프의 광색은 은백색이었으며 온도가 영하 15 °C 이하로 저하하면 적색쪽으로 이동하여 점등 초기에는 거의 분홍빛을 띠고 있다.

2.2.3 입력전압 특성

그림 6은 주위온도 25 °C에서, 입력전압에 따른 입력전류, 입력전력, 램프 코일의 전압 및 광출력의 변화를 나타낸 것이다.

전류는 160~240V 구간에서 안정한 특성을 보이고 있다. 광출력과 코일 전압은 반비례의 관계를 보이고 있는데 이것은 램프의 광출력이 램프의 방전 전류와 비례하며 방전전류가 증가함에 따라 코일의 자속을 감쇄시키기 때문으로 보여진다.

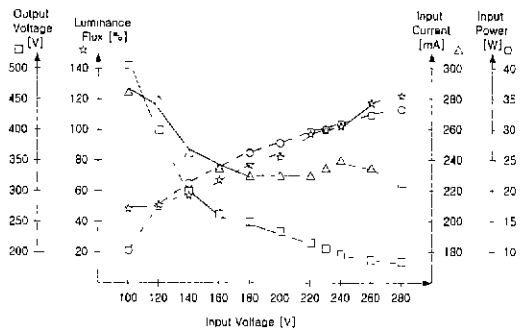


그림 6. 입력전압 특성곡선
Fig. 6. Input voltage characteristic curve

2.2.4 점등 및 소등전압 특성

그림 7, 그림 8, 그림 9는 각각 온도에 따른 시동 전압, 소등전압, 불안전구간을 도시한 것이다.

입력전압을 서서히 증가시켰을 경우에는 적정 전압 이상이 되면 램프가 즉시 점등된다. 그림 7의 점등시 코일전압은 점등된 상태에서 측정된 것이다. 반대로 입력전압을 서서히 감소시켰을 때는 즉시 소등되지 않고 완전 소등으로부터 약 10~15V 정도의 불안정 구간을 지나서 소등된다. 이때 램프의 발생 광속은 정격전압시의 1% 미만이고 이 구간에서는 램프의 입력전류와 전력이 급격하게 증가한다. 또한, 램프 코일의 전압 역시 증가하고 파형도 심하게 왜곡된다. 그림 8의 소등전압은 불안전구간 직전의 입력전압과 코일전압을 나타낸 것이다.

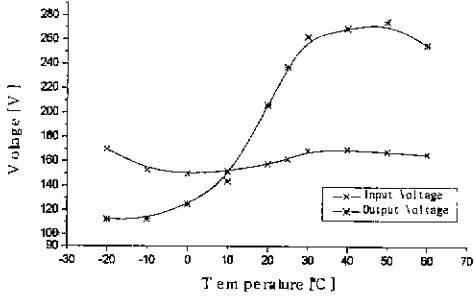


그림 7. 시동전압 특성곡선
Fig. 7. Starting voltage characteristic curve

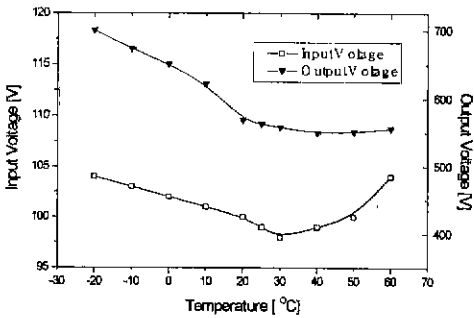


그림 8. 소등전압 특성곡선
Fig. 8. Turn-off voltage characteristic curve

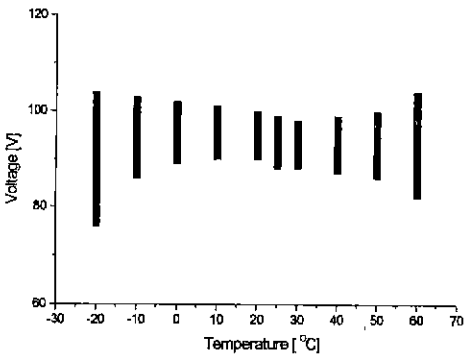


그림 9. 불안정 구간
Fig. 9. Non-static section

3. 결 론

이번 연구에서는 H-방전을 이용한 무전극 방전등에 대한 여러 실험을 행한 결과 다음과 같은 특성을 보였다.

1. 주위온도가 10°C 이하로 저하하면 광효율이 급격히 저하하므로 저온에서의 방전특성 개선을 위한 연구가 필요하다.
2. 램프의 광색은 온백색이었으며 -15°C 이하의 낮은 주위온도에서는 적색 쪽으로 이동한다.
3. 입력전압 160~240V 구간에서 안정한 방전특성을 보이며 광출력과 코일 전압은 반비례의 관계를 보인다.
4. 입력전압을 저하시키면 입력전류와 전력이 급격히 증가하는 불안정 구간이 존재한다.

본 연구에서는 무전극 방전등의 동작 주파수는 2.5[MHz]로 하였지만 온도변화 또는 입력전압의 변동에 따라 조금씩 차이는 있어서 2.45~2.65[MHz]로 측정되었다. H-방전의 원리가 고주파 전원을 이용하여 방전로에 코일을 통한 유도 전계를 형성하여 그것으로 방전에 이르게 하는 것이므로 주파수와 H-방전의 연관관계는 가장 중요하다고 할 수 있다. 따라서 다음 번 실험을 통하여 안정한 방전을 유지하고 높은 효율의 광출력을 얻을 수 있는 무전극 방전램프의 동작 주파수를 찾기 위하여, 주파수 특성 실험을 하도록 하겠다.

[참 고 문 헌]

- [1] 지철근, "전기응용", 문운당 1987
- [2] 井上 昭浩, "無電極ランプとその応用", J. Illum. Engng. Inst. Jpn. Vol. 81 No. 7 1997
- [3] M. Shinomiya, et al., "Development of the electrodeless fluorescent lamp", J. of Illum. Engng. Soc. Vol. 20 NO. 1, 1991.
- [4] 井上 昭浩, "次世代の新型ランプ", J. IEE Japan, Vol. 117, No. 3, 1997
- [5] BaBat, C. I., "Electrodeless Discharges and Some Allied Problems." J. of I. E. E. Part 3, 94, pp.27-37, 1942
- [6] 여인선, "무전극 방전의 원리와 방전등에의 응용", 조명전기·설비학회지 제6권 제3호 1992