

횡자계 인가시 저압 수은-아르곤 방전등의 광출력특성

Light-Output Characteristics of a Low-Pressure Mercury-Argon Discharge Lamp in a Transverse Magnetic Field

여 인 선 *
박 광 렬

전 남 대 학 교
서 울 대 학 교

ABSTRACT -- Recently, a method of magnetically-enhanced discharge columns is considered to increase the luminous efficacy of discharge lamps, which is based upon the fact that the diffusion motion of charged particles in the discharge column strongly depends on the applied magnetic fields. This study investigates the effect of applied transverse magnetic fields on the light output of low-pressure Hg-Ar discharge. As a result, it is found that the electric field in the positive column increases according to the applied magnetic field, which causes an increase in the total light output. And this effect is much more pronounced upon the spectral line originating from the higher levels.

1. 서 문

최근 방전등의 연구동향은 에너지소비절감을 목표로 하는 에너지절약형 램프의 개발과 고주파점등에 따른 방전특성의 개선 등이 주류를 이루고 있으며, 이밖에도 방전등의 발광효율 향상을 위한 어떠한 연구가 지속되어 왔다. 여기에는 무전극 방전등의 개발 및 방전관 양광주에 자장을 인가하는 방법 등이 고려되고 있다. 이중에서 방전관의 양광주에 자장을 인가하는 방법은 외부 자계에 의해 방전특성을 변화시킴으로써 광출력의 증대나 안정한 동작특성을 얻고자 하는 것이다. 본 연구에서는 저압 수은-아

르곤 방전관의 전압-전류 특성에 대한 횡자계 인가의 영향과, 이에 따른 발광 스펙트럼 및 광출력의 변화를 고찰하고자 한다.

2. 본 문

기체방전관의 양광주는 플라스마로 구성되어 있어서 외부에서 자장을 가하면 하전입자의 운동이 영향을 받아 플라스마 특성이 달라진다. 자장이 가해지지 않은 상태에서 기체방전관의 양광주는 기체원자의 전리에 의해 생성되는 하전입자와, 관벽으로 확산되어 소멸하는 하전입자 사이에 균형이 이루어져 전체적으로 거의 전기적 중성상태를 유지하고 있다.[1]

이러한 양광주에 자장을 가하면 자계의 방향에 따라 관벽으로 확산되어 소멸하는 하전입자수가 증감하여 양광주내의 전계의 세기 및 전자온도에 영향을 준다. 즉, 그림 1과 같이 방전관의 양광주에 횡자장을 가한 경우에는 하전입자의 확산이 증가하고 이와 평형을 이루기 위해 전자온도는 상승하며, 이에 따라 양광주내의 전계의 세기도 증가하게 된다.[2] Sen 등[3][4]에 따르면 양광주내의 전계의 세기는 자속밀도를 $B[Wb/m^2]$

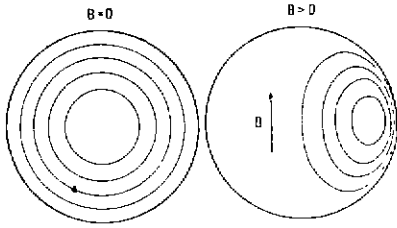


그림 1. 하전입자 확산운동에 대한 횡자계의 영향.

라 할 때 다음 식으로 근사시킬 수 있다.[5]

$$E_f = E_0 (1 + C*B^2)^{1/2} \quad [V/m]$$

여기에서 E_0 는 자계를 가하지 않은 경우의 전계의 세기이며 C 는 전자온도의 함수이다. 일반적으로, 전자온도가 높은 경우에는 여기원자밀도가 증가하여 그에 따른 발광효율의 상승 및 발광 스펙트럼 본포의 변화를 기대할 수 있다. 즉, 횡자계의 세기를 크게 할수록 보다 높은 여기준위로의 여기가 가능해지므로 이 준위에서 낮은 에너지준위로의 천이확률이 보다 증가하게 된다. 이밖에 Zeeman splitting에 의한 발광효율의 상승도 이루어지고 있음이 최근 연구에 의해 밝혀지고 있다.[6] 따라서 자계하에서의 기체방전관의 발광효율은 하전입자의 확산에 의한 영향과 Zeeman splitting에 의한 영향이 동시에 고려되어야 할 것이다.[7][8]

3. 실험

실험은 10[W] 및 20[W]의 저압 수은-아르곤 방전관에 0 - 500 Gauss의 횡자계를 가했을 때의 방전전압, 방전전류, 전력의 변화를 측정하고, 스펙트로미터에 의해 본광 스펙트럼을 분석하였다.

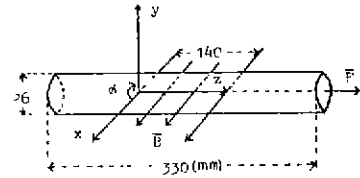


그림 2. 방전등에 횡자계 인가.

횡자계는 140[mm] X 70[mm]의 단면적을 갖는 전자석을 그림 2와 같이 배치하여 발생시켰으며 직류전류에 의해 구동하였다.

4. 결과 및 고찰

횡자장내에서의 방전등의 V-I특성곡선은 그림 3과 같다. 이것은 20[W]의 수은-아르곤 방전등에 대해 측정된 결과로서, 인가자계가 커짐에 따라 특성곡선이 좌상으로 shift 됨을 알 수 있는데, 이것은 방전전압의 상승 및 방전전류의 저하를 의미한다.

그림 4와 그림 5는, 각각 10[W]와 20[W]에 대해서, 자계를 인가하지 않은 상태를 기준으로 하여 자계인가에 따른 광출력, 방전전류, 방전전압, 전력등의 변화율을 나타낸 것이다. 그림 4에 따르면 인가자계에 따라 전계가 거의 직선적으로 증가하고, 자외선 253.7[nm] 및 가시광선 435.8[nm]의 출력은 더욱 증가함을 알 수 있다 (그림 5도 같은 경향을 나타냄).

한편, 인가자계가 발광 스펙트럼 본포에 미치는 영향을 그림 6 및 그림 7에 도시하였다. 이 그림 중에서 가장 높은 여기준위로부터 천이되는 자외선 365.0[nm]의 증가가 현저함을 알 수 있는 바, 이것은 전자온도의 상승에 따라 보다 높은 에너지준위로의 여기가 수월해짐을 입증하는 것이다.

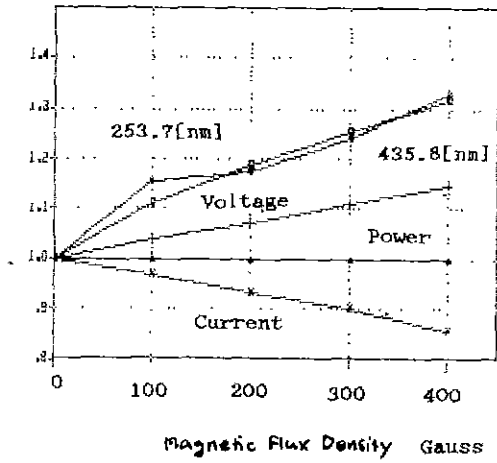


그림 4. 10[W] 방전관의 출력특성.

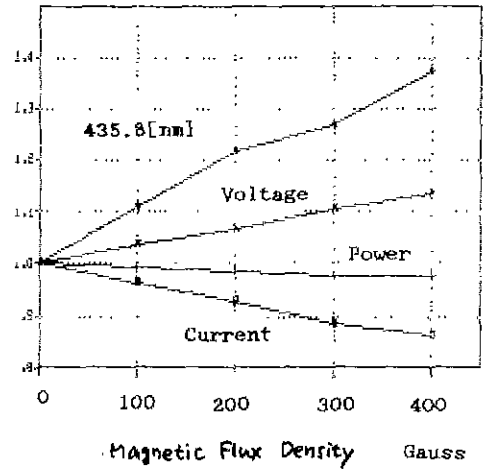


그림 5. 20[W] 방전관의 출력특성.

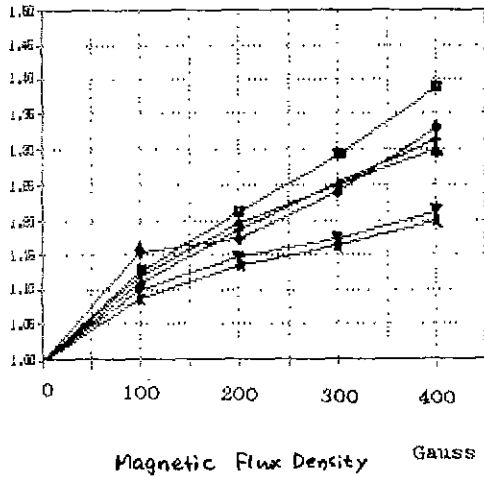


그림 6. 10[W] 방전관의 분광스펙트럼에 대한 횡자계의 영향.

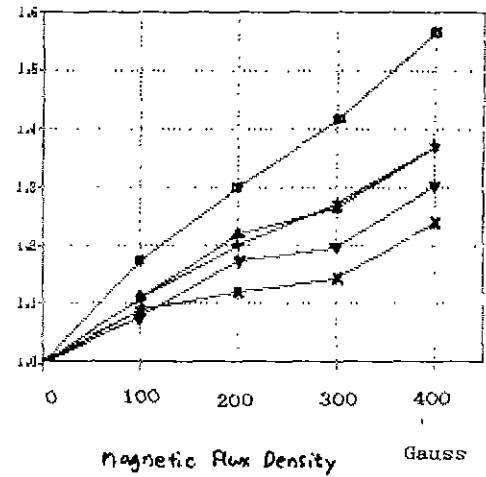


그림 7. 20[W] 방전관의 분광스펙트럼에 대한 횡자계의 영향.

- ◇ 253.7[nm]
- 365.0[nm]
- × 404.7[nm]
- + 435.8[nm]
- △ 546.1[nm]
- ▽ 577.0[nm]

- 365.0[nm]
- × 404.7[nm]
- + 435.8[nm]
- △ 546.1[nm]
- ▽ 577.0[nm]

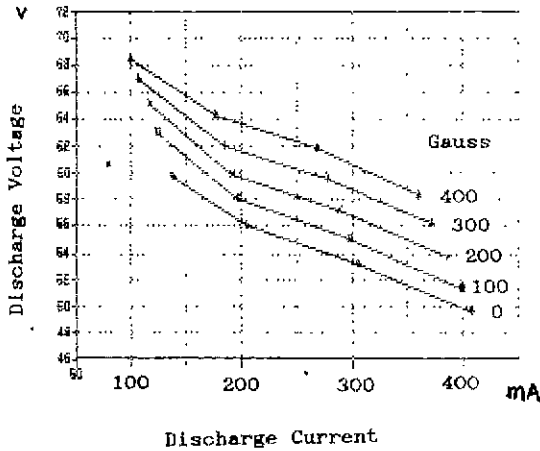


그림 3. V-I특성곡선에 대한 횡자계의 영향.

5. 결 론

횡자계 인가시 저압 수은-아르곤 방전관의 방전전압, 방전전류, 전력, 광출력 등의 변화를 측정하여 검토한 결과, 인가자계의 크기에 따라 방전전압이 상승하여 전자온도를 높임에 따라 광출력이 증대하고, 보다 높은 여기준위로부터의 발광스펙트럼이 증대해짐을 알 수 있었다. 이러한 결과는 방전등의 발광효율을 상승시키는 데 이용될 수 있으리라 사료된다.

6. 참고 문헌

1. Chen, F. F., *Introduction to Plasma Physics*, Plenum Press, 1974.
2. Beckman, L., "The influence of a transverse magnetic field on a cylindrical plasma," *Proc. Phys. Soc.*, Vol. 61, 1948, pp. 515-520.
3. Sen, S. N., et al, "Variation of discharge current in a transverse magnetic field in a glow discharge," *J. Phys. D*, Vol. 4, 1971, pp. 510-517.
4. Sen, S. N., et al, "Voltage-current characteristics and power relation in arc plasma in a transverse magnetic field," *Int. J. Electr.*, Vol. 3, No. 4, 1973, 527-536.
5. 지철근, 여인선, 박왕렬, "횡자장내 형광등 플라즈마의 전류 및 광속에 대한 변화식 유도," *대한전기학회 논문지*, Vol. 34, No. 10, 1985, pp. 384-388.
6. Richardson, R. W. and Berman, S. M., "Theory of effects of magnetic fields and isotope enrichment on the radiant emittance of the Hg-Ar discharge," *Third International Symposium on the Science and Technology of Light Sources*, Toulouse, France, 1983.
7. Moskowitz, P., Whitney, E., and Maya, J., "Efficiency increases in fluorescent lamps under axial and transverse magnetic fields," *J. of IES*, Vol. 16, No. 1, Winter 1987, pp. 105-116.
8. Zhou, T. M., Wang, L. Z., Hollister, D. D., Berman, S. M., and Richardson, R. W., "Magnetic enhancement of ultraviolet radiation efficiency of low-pressure Hg-Ar discharge," *J. of IES*, Vol. 16, No. 1, Winter 1987, pp. 176-181.