

## 유도결합형 플라즈마를 이용한 아르곤 가스의 색 좌표 특성

이영환, 백광현, 최용성, 박대희

원광대학교 전기전자 및 정보공학부

### Chromaticity Coordinate Properties of Argon Gas Using Inductively Coupled Plasma

Young-Hwan Lee, Kwang-Hyeon Paek, Yong-Sung Choi and Dae-Hee Park  
Wonkwang University

#### Abstract

유도결합형 플라즈마는 낮은 가스 압력에서도 고밀도의 플라즈마를 발생시키기 때문에 무전극 램프에 많이 적용되고 있다. 그리고 무전극 램프는 장 수명을 실현하고 고품질의 빛을 발생하기 때문에 앞으로 광범위하고 다양한 장소에 사용이 예상된다. 본 논문에서는 유도결합형 플라즈마를 이용한 아르곤 가스의 방전 특성 중에서 색 좌표 특성을 살펴보았다. 즉, 외부 안테나에 의해 발생된 13.56 [MHz]의 RF Power를 방전관 내부로 전달하고, 아르곤 가스 압력과 RF Power 변화에 따른 아르곤 가스의 방전 특성을 측정하였다. 또한, 유도결합형 플라즈마를 방전시키기 위한 아르곤 가스의 압력은 1 [mTorr]에서 100 [mTorr], RF 전력은 10 [W]에서 120 [W]이며 이의 색 좌표 특성과 스펙트럼을 살펴보았다. 측정 결과 RF 출력이 증가하면 색 좌표의 x, y 값이 동시에 감소하였다. 아르곤 가스 압력이 증가하면 농도의 증가로 인해 발광이 어려워졌으며, 색 좌표 특성은 압력이 증가하면서 y 값은 변화가 적었으나 x 값이 100 [mTorr]일 크게 증가하는 현상이 나타났다.

**Key Words** : ICP, Argon, Chromaticity Coordinate

#### 1. 서 론

무전극 램프는 램프 내부에 전극이나 필라멘트가 없어서 수명이 길기 때문에 유지 보수에 애로점이 있는 장소를 비롯하여 광범위하게 사용되고 있으며, 앞으로도 더욱 다양한 장소에 사용이 예상된다. 최근에는 원유가 인상에 따라 에너지 절약에 대한 관심이 더욱 커지고 있는 가운데 조금 더 효율적인 램프를 개발하기 위하여 많은 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

효율에 직접적인 영향을 미치는 광학적인 특성은 봉입 가스의 종류에 따라 크게 변화하게 된다. 저온 플라즈마는 가스에 직류 전류, 무선 주파수 (radio frequency), 마이크로파 등을 인가하여 생성한다[1].

무전극 램프는 무선 주파수를 이용한 유도결합

형 플라즈마를 많이 사용하는데 낮은 가스 압력에서도 고밀도의 플라즈마의 생성이 용이하고[2,3], 방전을 유지하는데 효율적이고, 이온화율이 높으며, 내부 전극이 없이 외부 전극으로도 플라즈마의 발생이 가능하기 때문이다[1].

방전이 일어나기 위해서는 기체 내부에 존재하는 전자들이 인가된 전원에 의해 가속되어 중성 기체 입자의 퍼텐셜 에너지보다 큰 에너지를 가져야 하며 동시에 이온화가 연속적으로 일어날 수 있어야 한다[4].

본 논문에서는 유도 결합형 플라즈마를 이용하여 광학적 특성의 중요한 요소인 색 좌표 특성을 측정하였다. 봉입 가스로 많이 사용되는 아르곤 가스의 압력과 RF 전력을 변화시키며 색 좌표 특성을 측정하여 보다 효율적인 RF 출력과 가스의 압력을 구하고자 한다.

## 2. 실험 방법

본 실험에 사용한 유도 결합형 플라즈마의 발생 장치는 그림 1에 나타내었다. 먼저 로터리 펌프를 동작시켜 방전관 내부에 존재하는 공기와 가스를 외부로 배출하였다. 그리고, 가이슬러관에 전원을 인가하여 방전관 내부에 존재하는 공기나 불순물 가스를 방전시켜서 방전관 내부의 진공도를 1 [mTorr] 이하가 되도록 한 후 실험하였다.

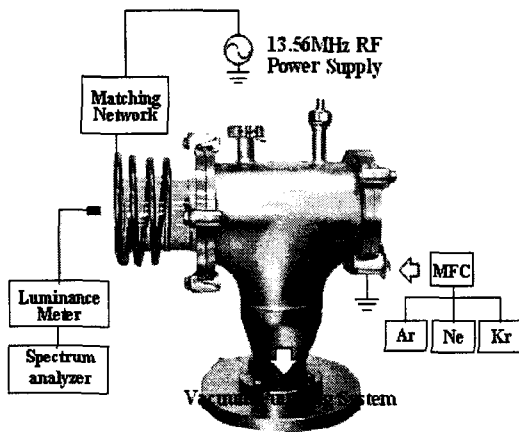


그림 1. 실험 장치도

Fig 1. Experimental apparatus

실험에 사용된 가스는 비활성 기체 중에서 공업용으로 가장 많이 사용되는 아르곤을 사용하였고 순도는 99.99%이고, Mass Flow Controller을 통하여 방전관 내부의 압력이 10 [mTorr]에서 100 [mTorr]의 범위가 되도록 공급하였다.

고주파 출력이 플라즈마 영역으로 효과적인 흡수가 되도록 원통모양으로 4회 감은 동관 안테나를 방전관 외부에 설치하였다. RF 출력 주파수는 범용으로 사용하는 13.56 [MHz]를 사용하였으며, 주파수 발전기의 출력은 최대 200 [W]까지 인가하였으며 reverse power가 1 [W] 이하가 되도록 matching 회로를 조정하면서 측정하였다.

방전관의 내경은 90 [mm]이고, 길이가 130 [mm]인 파이렉스 (pyrex)를 사용하였다.

색 좌표 특성 분석은 PSI사의 DARSA-2000을 사용하여 방전관 전면부에서 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 RF 출력 변화에 의한 색 좌표 특성

우선 방전관 내부의 진공도를 1 [mTorr]이하로 유지된 것을 확인하였다. 방전관 내부의 가스를 계속 배출하면서 아르곤 가스를 적절하게 공급하여 원하는 압력이 되도록 하여 실험을 실시하였다.

RF 출력을 10 [W]에서 120 [W]까지 10 [W] 단위로 증가시키며 색 좌표 특성을 측정하였다.

아르곤 가스의 방전시 RF 전력이 낮을 때는 안테나 부근에만 방전이 일어났으나, RF 출력이 증가함에 따라 방전관에 전체적으로 발광 현상이 나타났다[5].

그림 2는 아르곤의 가스 압력이 30 [mTorr]일 때의 색 좌표 특성을 나타낸 것인데 RF 전력이 증가하게 되면 색 좌표의 x, y 값은 동시에 감소하였으나 그 변화는 적어서 색 좌표에서 육안으로의 식별이 어려워서 확대한 결과를 그림 3에 10 [W] (O1)부터 100 [W] (O10)까지 10 [W] 간격으로 나타내었다. 그림 2에서는 색 좌표에서 연한 적색 부분에 집중되는 것처럼 나타났으나 확대한 그림 3에서는 x, y값이 동시에 감소하는 것을 뚜렷이 확인할 수 있었다.

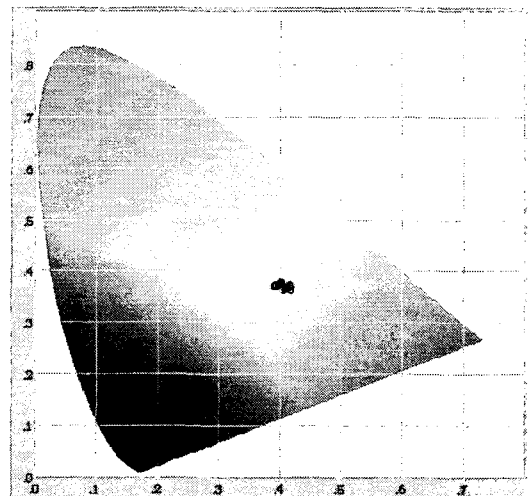


그림 2. RF 출력 변화에 의한 색 좌표 특성 (가스 압력 : 30 [mTorr])

Fig 2. Chromaticity coordinate properties as a function of RF power (pressure: 30 [mTorr])

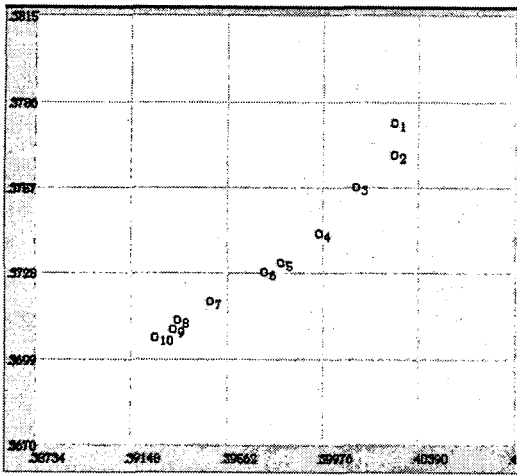


그림 3. RF 출력 변화에 의한 색 좌표 특성 (확대도)

Fig 3. Chromaticity coordinate properties as a function of RF power (Zoom)

색 좌표 특성을 알아보기 위하여 아르곤 가스를 방전한 결과 RF 출력이 증가함에 따라 방전관 내부의 플라즈마 밀도[6] 증가로 인해 방전이 쉽게 일어나고 또한 에너지의 변환을 통하여 빛으로 발생되는 것으로 판단된다.

### 3.2 가스 압력 변화에 의한 색 좌표 특성

RF 전력을 60 [W]로 일정하게 유지한 후의 가스 압력 변화에 따른 색 좌표 특성은 육안으로의 식별이 어려워 확대한 색 좌표 특성을 그림 4에 나타냈다. 그림 4에서 보는 것과 같이 아르곤 가스의 압력이 10 [mTorr](O1)에서 30 [mTorr](O2), 50 [mTorr](O3), 100 [mTorr](O4)로 증가함에 따라서 색 좌표의 x 값은 서서히 증가하다가 100 [mTorr]에서 크게 증가하였으나, y 값은 조금씩 증가하다가 급격하게 감소하였다.

그리고, 가스 압력이 증가함에 따라 방전관 내부의 농도 증가로 인해 방전이 쉽게 일어나지 않았다.

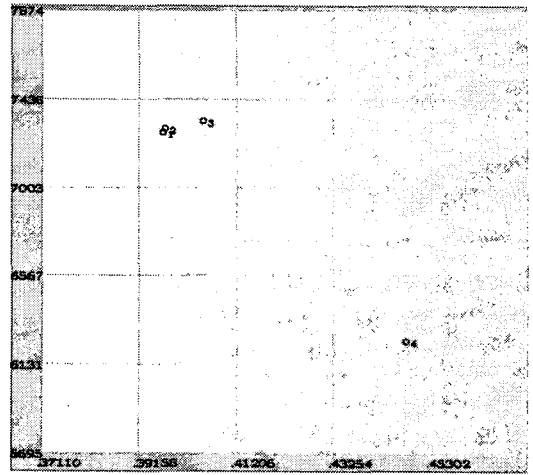


그림 4. 압력 변화에 의한 색 좌표 특성(확대도)

Fig 4. Chromaticity coordinate properties as a function of Ar gas pressure (Zoom)

## 4. 결론

본 논문에서는 무전극 램프의 봉입가스 압력과 RF 전력 변화를 하면서 색 좌표를 측정하고 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

- 1) RF 전력이 증가하면 방전관 내부의 플라즈마 밀도 증가에 따라 방전이 쉽게 발생하였고, 색 좌표 특성은 x, y 값이 동시에 감소하여 연한 적색에서 청색 방향으로 미세하게 이동하는 경향이 일률적으로 나타났다.
- 2) 아르곤 가스의 압력이 증가하면 방전관 내부의 농도 증가로 인해 방전이 쉽게 일어나지 않았고 색 좌표 특성은 연한 적색에서 강한 적색으로 변화하는 경향이 나타났다.

상기 내용으로 볼 때 램프의 봉입 가스의 압력을 낮게 설정하고 RF 출력을 높게 설정하면 발광 특성이 청색 방향으로의 색의 이동이 나타나고, RF 출력을 낮추고 압력을 높게 설정하면 적색으로의 색의 변화가 나타나므로 RF 출력과 가스 압력의 변화를 통해서 색상의 변화를 추구할 수 있을 것이다.

## 감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력 연구센터 육성 · 지원사업(I-2004-0-074-0-00)에 의해 작성되었습니다.

## 참고 문헌

- [1] Alfred Grill, "Cold Plasma in Materials Fabrication", IEEE, 1994.
- [2] J.H. Keller et al., "Novel radio-frequency induction plasma processing technics", J. Vac. Sci. Tech. A11, pp. 2487-2491, 1993.
- [3] Mutumi Tuda et al., "Large-diameter microwave plasma source excited by azimuthally symmetric surface waves", J. Vac. Sci. Technol. A 18(3), pp. 840-848, 2000.
- [4] 김영철, 이정우, 조영석, "Argon 유도결합 플라즈마의 광학적, 전기적 특성에 관한 연구", 한국물리학회지, Vol. 39, No. 3, pp. 157-165, 1999.
- [5] 이영환, 허인성, 황명근, 최용성, 박대회, "유도 결합형 플라즈마를 이용한 아르곤 가스의 휘도 특성", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2004년 C권, pp. 1915-1917, 2004.
- [6] 이영환, 조주용, 김광수, 박대회, "Ar 가스 압력에 따른 유도결합형 플라즈마의 전자 밀도 측정", 대한전기학회 논문지, 52C권 11호, pp. 508-511, 2003.