

미소 전극 간격을 갖는 방전장치에서의 방전특성 연구

서정현*, 신범재, 정희섭, 황기웅
 서울대학교 전기공학과*

The study of the characteristics of micro-gap discharge

Jeong-Hyun Seo, Buhm-Jae Shin, Heui-Seob Jeong, Ki-Woong Whang
 The Department of Electrical Engineering, Seoul National University

Abstract-Various types of plasma display panels(PDPs) have been developed to realize the flat panel display device. But, many of its characteristics must be improved before it can be commercialized. In order to investigate the characteristics of micro discharge in a PDP cell, we have constructed a micro-gap discharge system whose electrode gap can be adjustable between 100-1000 μ m within 0.1 μ m accuracy. We measured the minimum sustain voltage, current, delay time of discharge while changing parameters(electrode gap distance, electrode surface area, pressure) which influence discharge characteristics.

여 방전이 발생하는 끝부분은 PDP에서 전극물질로 사용하는 Ni paste를 사용하고 방전이 주변으로 확산되지 않도록 나머지 부분은 유전물질로 절연시켰다. 초기 진공도는 10⁻⁴ Torr로 유지하였으며, 가스는 Penning 가스 (Ne + 0.1% Ar)^[1] 를 사용하여 100-300Torr 영역에서 전극 간격을 100 μ m에서 1000 μ m까지 변화시키며 실험을 수행하였다..

1.서 론

현재까지 이루어진 방전 특성에 대한 연구는 주로 수cm - 수십cm의 전극 간격을 갖는 저압 방전과 고압에서의 spark, corona방전에 대한 연구가 주로 이루어져 왔다. 그러나 현재 평판형 표시소자로서 연구되고 있는 PDP가 등장한 후, 이것이 안고 있는 문제점(휘도 개선과 수명연장 등)을 해결하기 위해서 수백 Torr 영역에서 미소 전극 간격을 갖는 방전 특성에 대한 이해가 필요하게 되었다.

본 논문에서는 전극 간격을 미세하게 조절할 수 있는 미소 gap 방전 장치를 제작하고, 이를 이용하여 전극 간격의 변화에 따른 방전 특성을 조사하였으며, 전극 면적을 변화시키면서 방전에 미치는 영향을 관찰하였다.

2.본 론

2.1 실험 장치

그림 1은 방전관의 개략적인 형태를 도시하였다. 방전관의 양쪽에는 전극을 설치할 수 있도록 되어 있으며, 두 전극이 일직선상에 놓이도록 조절하는 장치가 되어있다. 전극 간격은 스텝모터를 구동하여 0.1 μ m의 오차 내에서 조절할 수 있도록 되어 있다. 전극은 Al봉을 그림 2와 같이 가공하

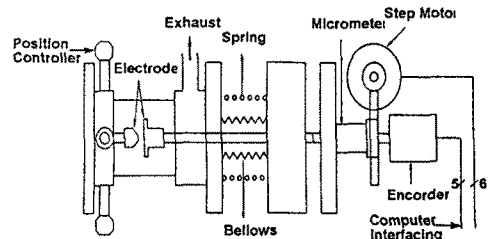


그림 1. 방전관의 개략도

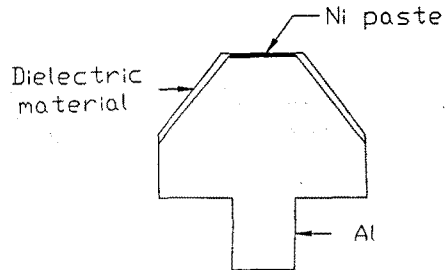


그림 2. 전극의 구조

2.2 전극간격의 변화에 따른 방전특성의 변화

그림 3은 200Torr에서 정상글로우와 비정상글로우 영역의 I-V특성 곡선이 전극간격에 따라 변화하는 경향을 도시한 것이다. 그림을 보면 Paschen minimum^[2]보다 전극 간격이 멀어짐에 따라 같은 전류를 얻기 위해서 (외부저항이 같다면) 더 높은 외부 인가전압이 필요함을 알 수 있다.

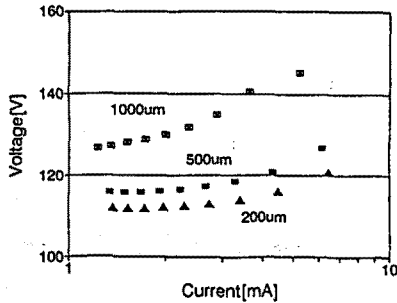


그림 3. I-V 특성 곡선

그림 4는 전극간격에 따른 최소 방전 유지전압과 외부에서 250V의 전압을 가했을 때 전극간격에 따른 전류 밀도의 변화를 나타내었다. 전극 간격이 300 μ m일 때를 전후로 하여 최소 방전 유지전압은 증가하고 전류밀도는 감소하는 경향을 나타내고 있는데, 이보다 전극간격이 가까운 경우는 전자와 중성자의 충돌횟수가 적고 길어질 경우는 전체의 세기가 약해져서 중성입자를 충분히 이온화시키지 못하기 때문이다.

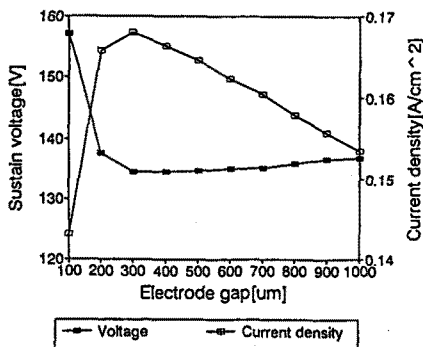


그림 4. 전극간격의 변화에 따른 최소 방전 유지전압과 전류밀도

그림 5는 100Torr에서 일정한 직류 펄스 전압을 인가한 후 전류가 흐를 때까지 걸리는 지연 시간을 전극 간격에 따라 도시한 것이다. 전극 간격이 빈함에 따라 주파수가 낮은 경우와 높은 경우가 각각 다른 특성을 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 차이는 전극 표면으로의 확산과 재결합(recombination)¹³⁾에 의해 하전입자가 소멸되는데 소요되는 시간과 인가 전압의 off 시간과의 관계에 의해 결정된다. 즉, 전극간격이 멀어짐에 따라 확산과 재결합에 의해 하전입자가 소멸하는 시간은 길어지게 되는데, 인가 전압의 off 시간보다 하전입자의 소멸시간이 길어지는 전극간격에서는 남아있는 하전입자들이 방전이 발생하는 시간을 단축시켜줌으로 방전 지연 시간이 더 짧아지게 된다. 그러므로 주파수가 높을수록 방전 지연 시간이 길어지다가 짧아지는 임계전극간격이 가까워지게 된다.

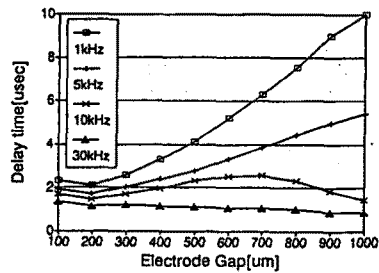


그림 5. 전극간격과 주파수에 따른 방전 지연시간 특성. P=100 Torr, V=250[V]

2.3 전극면적의 변화에 따른 방전특성 변화

그림 6은 음극과 양극의 면적을 변화시키면서 최소 방전 유지전압을 측정해 본 결과이다. 최소 방전 유지전압을 결정하는 주요한 요소는 음극 표면에서 방출되는 전자의 개수이다.

$$\int adx = \ln(1+1/\gamma)$$

위의 식은 Townsend의 방전 유지 조건¹⁴⁾을 나타낸 것인데, γ 값이 커질수록 $\alpha(E$ 와 P 에 의해 결정) 값이 작아져도 방전이 유지됨을 알 수 있다. 그림 6에서 음극 직경이 1mm인 경우가 음극 직경이 2mm인 경우보다 더 낮은 방전 유지전압을 나타내고 있음을 알 수 있는데, 양극에 비해 음극이 작은 경우에는 음극 주변에 전계가 집중되어 이온 충격에 의해 방출되는 전자의 수가 증가하기 때문이다. 반면에 음극 직경이 3mm인 경우는 방전 면적이 넓어져서 전체적으로 방출되는 전자의 수가 음극 직경이 2mm인 경우보다 많아지기 때문에 전계집중효과가 없이도 방전 유지 전압이 낮아지게 된다.

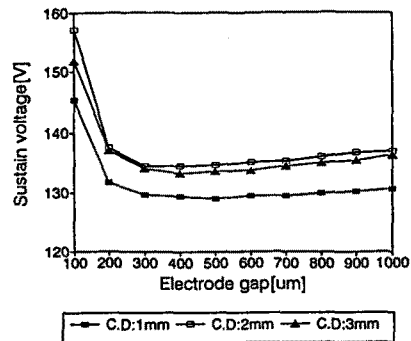


그림 6. 음극 면적의 변화에 따른 최소 방전 유지전압 특성. 양극 직경:2mm (C.D. -> Cathode Diameter)

그림 7은 전극 면적의 변화에 따른 전류와 음극에서의 전류 밀도를 나타낸 것이다. 음극 직경이 3mm인 경우가

2mm인 경우보다 전류는 많이 흐르고, 전류 밀도는 낮음을 알 수 있다. 따라서 음극직경이 3mm인 경우가 2mm인 경우에 비해 휘도와 전극수명이 향상된다고 볼 수 있다.

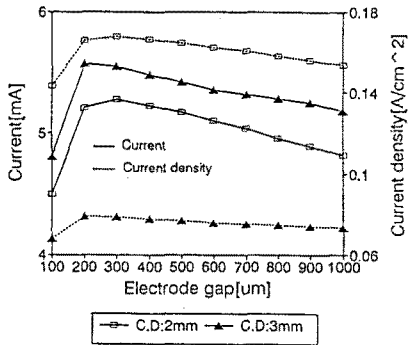


그림 7. 음극 면적의 변화에 따른 전류와 전류밀도. 양극직경:2mm

2.4 압력에 따른 변화

그림 8은 압력에 따른 최소 방전 유지전압을 나타내고 있다. 압력이 증가함에 따라 전극 간격이 가까울 때는 방전 유지전압이 낮고, 멀어지면서 방전 유지전압이 높아짐을 알 수 있다. 이것은 두 전극 간격이 가까울 때는 압력이 높은 경우에 입자간의 충돌이 많아지므로 방전 유지전압이 낮게 되고, 전극의 간격이 멀 때는 압력이 높을수록 mean free path 가 짧아져서 한번 충돌에서 다음 충돌을 하는 동안 얻은 에너지가 작아지므로 방전 유지 전압이 높아지게 된다.

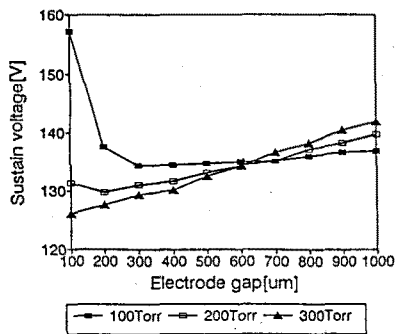


그림 8. 압력에 따른 최소 방전 유지전압

그림 9는 압력에 따른 방전 지연 시간을 나타낸다. 같은 주파수에 대해서 압력이 높은 경우에 방전 지연 시간이 증가하다 감소하는 임계점이 가까워지게 되는데, 이것은 압력이 높을수록 확산에 의한 하전입자의 소멸시간이 길어지기 때문인 것으로 생각된다(확산계수 $\propto 1/P$)^[5].

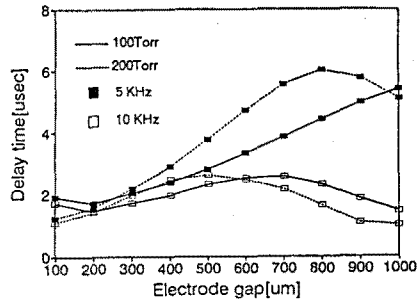


그림 9. 압력에 따른 방전 지연 시간의 변화.

3. 결론

전극간격을 변화시킴에 따라 최소 방전 유지전압은 일반적인 Paschen curve의 경향을 보였고 전류는 Paschen의 minimum point에서 최대값을 나타내었다. 또한 방전 지연 시간은 인가전압의 주파수와 전극간격과의 관계에 의해 결정되었으며, 일반적으로 증가하다 감소하는 경향을 보였다. 전극면적의 변화에 따른 실험에서는 음극이 양극보다 더 작은 경우에 방전 유지전압이 가장 낮았으며, 음극과 양극이 같은 경우보다는 음극이 양극보다 큰 경우가 더 낮은 방전 유지전압과 높은 전류 낮은 전류밀도를 나타내었다. 압력에 따라서는 전극간격이 가까울 때는 압력이 높은 경우가 더 낮은 방전 유지 전압을 나타내었고, 전극간격이 멀어질 때 라 반대의 경향을 보였다. 방전 지연시간의 특성은 압력이 높아지면서 지연시간이 증가하다 감소하는 임계전극간격이 가까워졌다.

이상의 결과는 미소 전극간격을 갖는 방전기구에서의 기본적인 물성을 이해하는데 도움이 될 것이라 사료된다.

참고 문헌

- [1] L.B.Loeb. Basic Processes of Gaseous Electronics, University of California Press, Berkeley, 1955
- [2][4] Essam Nasser. Fundamentals of Gaseous Ionization and Plasma Electronics, John Wiley&Sons, Inc., 1971
- [3] Wilhelm,H.E. Analysis of Nonlinear Initial Boundary Value Problems in Recombination and Diffusion Kinetics, J.chem Phys. 53, 1677-1682, 1970
- [5] A.von Engel.Ionized Gases,Oxford University Press, 1965