

기체방전의 파괴전압에 미치는 음극표면상태의 영향
 Influence of the Cathode Surface Conditions
 on the Inception Voltage of Gas Discharges

백 용 현
 이 복 희*
 김 정 섭
 강 형 부
 정 도 섭

인하대학교 전기공학과
 " "
 " "
 한양대학교 전기공학과
 " "

1. 서 론

기체중에 놓은 한쌍의 전극에 외부에서 전압을 인가했을때 형성되는 전계내에서 전자가 기체분자및 전극과 작용하는것에 의하여 도전형상을 나타내는것을 기체중의 방전이라한다. 지금까지 기체방전현상과 물성적 성질에 대한 연구는 많이 이루어져 왔으며, 이러한 현상의 응용으로서 방전등및 기체를 이용하는 기기, 기체레이저등 여러분야에서 실용되어지고있다. 기체방전의 형성과정에 영향을 미치는 인자로서 전자, 원자, 분자, 이온, 광자, 용기의 재질, 전극의 재질과 기체의 온도, 압력등 여러가지 요인이 관여하고 있으며, 이들의 특성파악은 기체방전 현상의 규명에 대단히 중요하다. 따라서 본 연구에서는 같은시료, 같은조건에서의 전극표면 상태가 기체방전의 전류성장과정, 파괴전압에 미치는 영향및 경시변화특성에 대하여 취급하였다. 또한 본실험에서 적용된 전극표면상태 즉 순수 전극과 산화물이 피막된 전극사이에는 상당히 다른 특성을 얻었으며, 다른 연구자들이 얻은 결과와 비교 고찰하여 보았으며, 이들에 영향

을 미치는 요인들을 분석 검토하였다.

2. 이 론

Y작용을 2차 기구로 하는 타운젠트의 식은

$$I = I_0 \frac{\exp \alpha l}{1 - r (\exp \alpha l - 1)} \quad (1)$$

로 표현된다. 기체의 압력이 낮고, 전극간 거리가 대단히 좁고, 외부조사에 의한 일정량의 광전류를 공급하는 경우의 암류는 식(1)을 잘 만족하게 된다. 파괴직전에는 공간전하효과를 무시할수 없으므로 공간전하의 영향을 고려한 경우의 타운젠트의 식은

$$I = I_0 \frac{\exp \int_0^l \alpha dx}{1 - r (\exp \int_0^l \alpha dx - 1)} \quad (2)$$

로 된다. 상기한 두식의 특성을 나타내면 그림1과 같다.

공간전하에 의한 전계를 고려한 경우의 전압 전류 특성은 I_0 에 의하여 변화하며, I_0 가 클수록 파괴전압은 낮아진다.

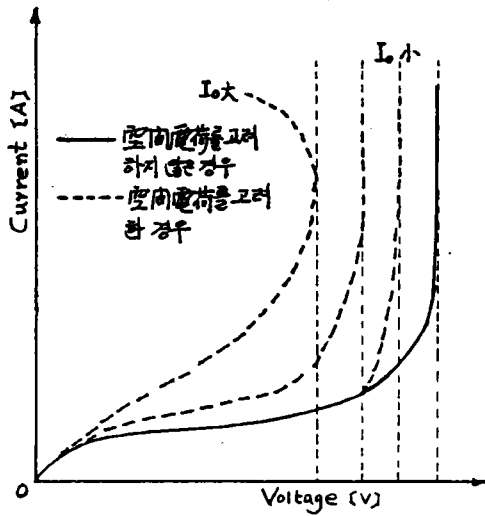


Fig.1. V-I Characteristics of dark current

$\frac{dI}{dV} = \infty$ 로 되는 전압을 불꽃피괴전압이라 하면 식(1)과식(2)에 의하여 결정되는 전압은 다르며 실험에서 측정되는 파괴전압은 식(2)에 의하여 결정되는 전압에 근사하게 된다. 일반적으로 방전의 형성과정은 암류에서 타운젠트방전을 거쳐 곧 바로 글로우방전으로 이행된다. 이러한 경우 타운젠트방전의 개시전압과 글로우방전 개시전압과는 동일하다. 그러나 암류에서 안정타운젠트방전을 거쳐 글로우방전으로 진전되는 경우에는 양자의 방전 개시전압은 다르다.

3. 실험

본연구에서 사용한 전극의 재질은 니켈이며 전극의 주변을 만족시켜 근사로고우스키형으로 만들었으며, 직경은 80mm이고, 자외선을 음극에 조사시켜 광전자를 방출시키기 위하여 양극의 중앙부에 직경25mm의 용융석영창을 부착시켰다. 측정회로도도 그림2와 같다.

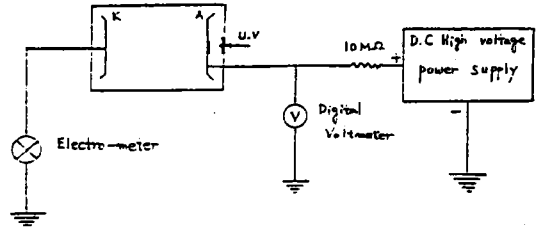


Fig.2. Block diagram of measuring circuit

순수전극상태에서 실험하기 위하여 전극을 아세톤으로 세척한 다음 5×10^{-5} Torr까지 배기시킨후 200°C로 30분동안 텅스텐필라멘트로 가열 건조시켜 진공조및 전극에 흡착되었던 잔류기체를 제거시킨다. 이후 다시 진공조내를 배기시켜 방전관내를 1.5×10^{-5} Torr까지 배기시킨후 300°C에서 시료가스인 질소를 소정의 압력까지 주입하여 pI를 조정하면서 방전개시전압과 전압전류특성및 경시변화특성에 대하여 실험하였다. 또한 오손전극(산화물 피막전극)상태에서 실험하기 위하여 1Torr의 산소중에서 30분동안 60Hz 1200V의 교류전압으로 글로우방전시켜 전극에 산화물 피막도는 산소가 흡착되도록 오손시켜 위와같은 실험을 하였다.

4. 결과 및 고찰

(1) 파괴전압특성

그림3은 질소가스의 파센곡선을 나타낸것으로 오손된 전극의 경우가 순수전극의 경우보다 파괴전압이 대체로 50-60%나 높게 되어 있다. 즉 전극의 표면상태가 파괴전압에 현저한 영향을 미치고 있음을 알수있다.

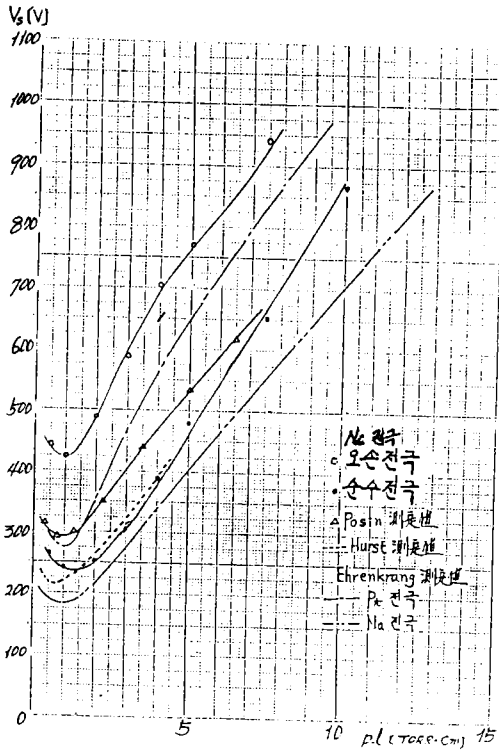


Fig. 3. Paschen curve of N₂ gas 산소에 의하여 오손된 전극의 경우 음극에 산화물 피막이 형성되므로 일함수가 높아지고, 부착된 산소에 의하여 방출된 전자가 소실되기 쉬우므로 전자사태, 즉 전류의 성장과정에는 보다 많은 에너지가 필요하므로 파괴전압이 높게 된다.

(2) 직류전압 전류특성 및 파괴전압

그림 4는 질소가스중에서의 전압-전류특성을 나타내고 있다. 순수전극의 경우 압력×전극간거리가 낮은 경우 (약 7Torr.Cm) 전류는 암류에서 타운젠트방전을 거쳐 직접 글로우방전으로 이행되어진다. 이 경우 전극간의 발광상태를 보면 어느 전압에서 급격히 발광하는 것으로도 글로우방전의 형태가 되었다는 것을 알 수 있다.

P1의 증가와 더불어 부글로우, 파라데이암부, 양광주동의 구별이 확실해지며, P1이 높은부분에서 전류는 암류에서 안정타운젠트방전을 거쳐 글로우방전으로 이행됨을 알았다.

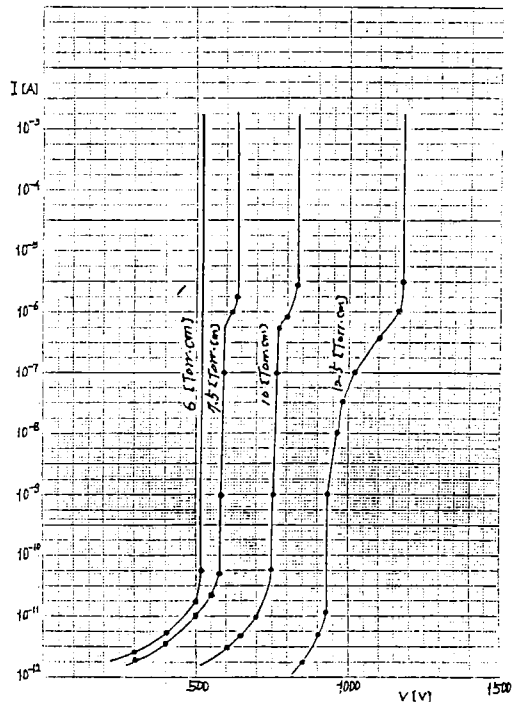


Fig. 4. V-I Characteristics of N₂ Gas

이때의 전극간의 발광상태는 전압을 서서히 상승시켜가면 양극의 부근에서만 미약한 빛이 나는 안정타운젠트방전이 나타나고 전압을 더욱 증가시키면 발광부분은 점점 음극을 향하여 연장 되어진다. 더욱 전압을 증가시켜 가면 어느 전압에서 급격히 글로우방전의 형태로 변환된다. 한편 오손전극에서는 본연구의 측정범위에서 전류는 암류에서 타운젠트방전을 거쳐 직접 글로우로 진전되며 안정타운젠트방전이 일어나지 않았다. 발광상태는 어느전압에서 갑자기 발광되며 글로우방전형태를 취한다.

(3) 파괴전압의 경시변화

전극의 표면상태가 파괴전압에 현저한 영향을 주는 요인을 분석하기 위하여 방전횟수에 따른 파괴전압의 변화, 즉 경시변화특성을 실험한 결과는 그림5와 같다.

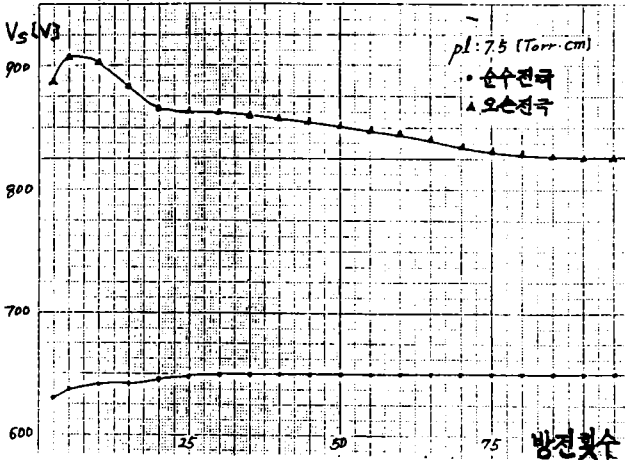


Fig.5. Relation of the breakdown

voltage with the discharge numbers
 여기에서는 글로우방전개시전압을 파괴전압으로 하였다. 순수전극의 경우는 방전횟수에 따라 약간 방전개시전압이 상승하는것은 잔류중인 공기중의 산소에 의한 일산화질소가스의 생성으로 일어나며 그다지 변화는 없다. 그러나 오손전극의 경우는 전극표면상태의 변화, 방전에 의한 생성물로 시료기체의 순도의 저하로 상승하다가 방전횟수가 10회정도 지나면 산화물 피막의 일함수의 저하로 방전개시전압이 낮아지는 것으로 사료되어지며, 75회를 지나서는 거의 일정한 전압으로 유지된다.

5. 결 론

질소가스증에서 방전개시전압및 전류성장과정에 미치는 음극표면상태의 영향에 대한 실험에서

다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1)전극의 표면상태가 순수할때보다 오손되었을 때가 방전개시전압이 높다.
- (2)순수전극일때는 안정타운젠트방전이 일어나지만 오손전극일때는 안정타운젠트방전이 일어나지 않고 타운젠트방전을 거쳐 직접 글로우 방전으로 이행된다.
- (3)순수전극일때는 약7Torr.Cm 이상에서 안정타운젠트방전이 일어나며, 이때의 자속방전전류는 약 3×10^{-9} A 이었다.
- (4)방전횟수에 따라 순수전극일때는 방전개시전압이 거의 변화가 없지만 오손전극일때는 변화가 심하게 일어난다.

References

- (1)H.E.Faranswoth; "Mechanism of chemisorption place exchange and oxidation on a nickel surface", P,1933 (1961)
- (2)N.Sukhum,Brit; "Evaluation of Townsend's first ionization and attachment coefficients from pre-breakdown current measurements", J.Appl.Phys,Vol.15,P509-514(1964)
- (3)J.S.Pearson and J.A.Harrison; "A uniform field electrode for Use in a discharge chamber of restricted size and design performance" J.Appl,Phys.Vol.2,P77-82 (1969)
- (4)A.M.Howatson; "An introduction to gas discharges",Pergamon press, P84-92 (1976)