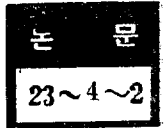


低氣壓稀有 gas中에서 불꽃電壓에 미치는 陰極表面狀態의 影響



The Influence of the Cathode Surface State on the Spark Voltage in the Low Pressure Rare Gas

白 龍 鉉
(Yong Hyun Paek)

Abstract

Generally, it has been regarded that there are two kinds of the effect of the electrodes, especially of the cathode in the gas discharge, (a) the effect caused by the difference of the cathode material and (b) the effect by the change of the cathode surface state even in the same materials.

Thus the two effects must be investigated independently to study the roles of the cathode in gas discharges.

This paper measured sparking voltage in Rare gas (Ar, He) for the change of sparking voltage in repeating sparks and for the effect of (a) and (b) mentioned above, under the condition that the desorption of impurities from the cathode can be negligible, and it is obtained that the correlative relations of the work function, sparking voltage and secondary coefficient are comparatively simple.

In addition, the interesting character of the minimum point of the Paschen's curves is found.

The results were as follows;

- 1) The value of $(pd)_{min}$ with minimum point of sparking voltage, $(Vs)_{min}$, is 0.7~0.9 Torr. cm in Argon, but is 5.6~7.1 Torr. cm in Helium, and Paschen's curve in Helium shows slow curve than in Argon
- 2) The minimum point of the Paschen's curve is satisfied actually Townsend's self sustaining criterion in Argon, but non-satisfaction in Helium, and the Townsend's secondary coefficient γ action have compound property ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_m$) in Helium.
- 3) The depending character of work function in Helium is less than in Argon.
- 4) The minimum point of sparking voltage increase under oxidized electrode than clear electrode in Au and Ag, but minimum point decrease in Ni and Cu.

1. 序 論

氣中放電 특히 低氣壓中의 放電現象에 關係서는 定性的으로나 定量的으로나 또는 理論的 實驗的으로도 많

正會員: 仁荷大學校 教授

은 연구가 행해지고 있다. 특히 氣體의 種類 gas條件 (氣壓, 電極間距離, 過電壓率等)의 방전현상에 미치는 영향에 關係서는 많은 연구가 행해지고 있다.

그러나 電極材料 또는 電極表面의 汚損 또는 酸化의 狀態가 방전현상에 어떠한 영향이 미치는가 하는 논문에 關係서는 적고 예를들면 靜破壞電壓의 經時變化 또

는 그 不均一性이 단지 전극표면의 狀態變化에 기인되는 것으로만 생각하였고 그 적극적인 究明에 대해서는 아직까지도 밝혀지지 않고 있다. 다만 2次電子放出機構에 관해서는 ion, 準安定原子에 의한 potential放出(Auger放出)에 대하여 표면물질 氣體吸着이 어떠한 영향을 미치는가를 연구한 Hagstrum¹⁾ 또는 McLennan²⁾ 등의 논문이 있을 뿐이다. 그러나 이들 어느 것이나 진공중의 放出에 관한 것이고 原子分子가 비교적 高密度로 존재하는 기체내의 불꽃현상의 경우는 또다시 後方散離의 効果도 생각하지 않으면 아니된다.

氣中放電에 있어서 전극(특히 음극)의 영향은 일반적으로 전극재료의 종류에 따르는 변화와 같은 종류의 재료일지라도 전극표면의 상태에 따라서 변화되는 것으로 생각된다.

어느 경우나 1次的으로는 일函數(work function)의 변화에 의해서 2次電子放出機構에 변화를 주지마는 특히 後者의 경우에 있어서는 표면에 吸着物 또는 化合物이 존재하는 경우에 있어서는 이들이 불꽃에 의해서 기체내에 遊離되고 試料氣體의 成分에 변화를 주는 2次的인 변화가 존재한다고 생각된다. 따라서 기체내의 불꽃현상에 있어서의 陰極表面의 역할을 연구하려면 이것을 1次的인 것과, 2次的인 변화로 분리해서 생각할 필요가 있다고 본다.

이러한 이유로 본 논문에서는 음극의 불순물이 遊離되지 않는다는 조건하에서 불꽃전압의 細時變化(불꽃이 反復되는데 따르는 변화)와 음극의 재료 및 금속면의 산화의 정도를 변화시켰을 경우의 불꽃전압을 稀有 gas中에서 측정하고, 일函數와 最小불꽃電壓 및 2次電離係數間에 비교적 단순한 對應關係가 있다는 것을 밝혔다.

또한 이 연구에서 paschen曲線의 極小點附近에 있어서의 방전현상과 Townsend理論의 對應性에 대하여 새로운 것을 알게 되었다.

2. 實驗裝置 및 方法

실험장치의 사진과 概略을 각각 사진 1, 사진 2, 그림 1, 그림 2에 표시하였다. 放電槽內는 油回轉 pump (300l) 및 油擴散 pump (4inch, DC-705)로 대략 眞空을 시킨 다음 十數時間 baking을 행하고 ion pump (40l/sec)와 sublimation pump에 의해서 1×10^{-6} Torr 이하의 超高眞空을 시킬 수가 있었다. 蒸着은 放電槽內에서 직접 전극에 행한다. 蒸着하기 전에 미리 蒸着熱源 및 蒸着試料金屬의 gas放出을 충분히 시켜 蒸着時 gas放出으로 인해서 眞空度가 저하되지 않게 留意하여 1×10^{-6} Torr 이하를 유지 시킬 수가 있었다. 蒸着源은 外部

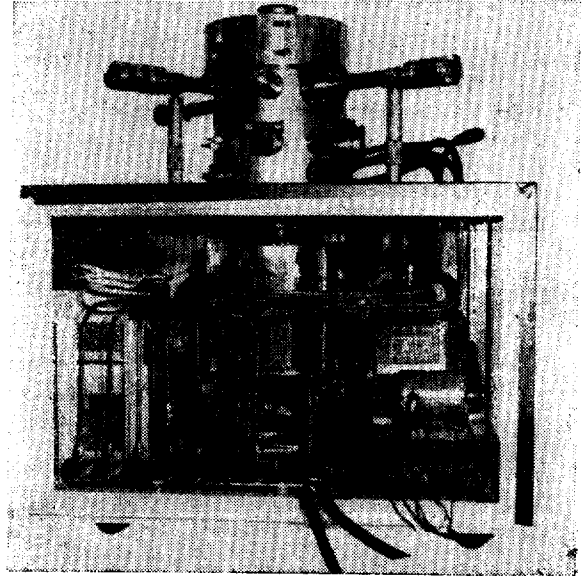


사진 1. 실험장치도
Photo. 1. Experimental apparatus

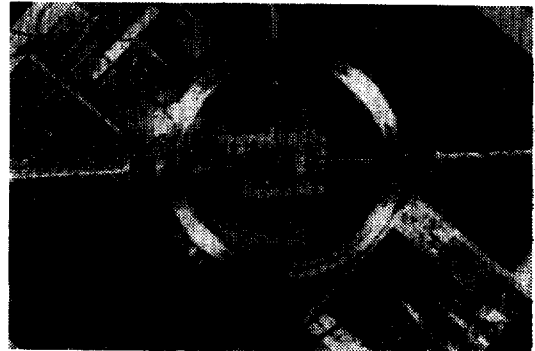


사진 2. 실험장치도(전극)
Photo. 2. Experimental apparatus (electrode)

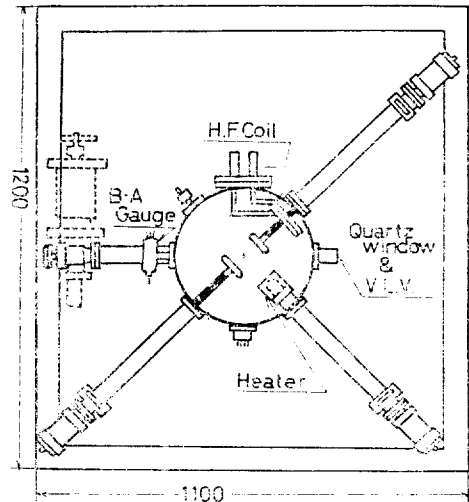


그림 1. 실험장치
Fig. 1. Experimental apparatus.

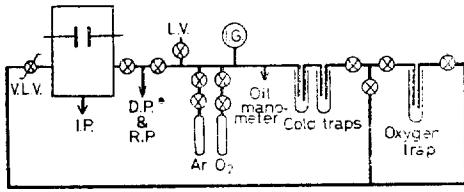


그림 2. gas제통의 개략도
 Fig. 2. Schematic diagram of gas-handling system

에서 자유로이 이동시킬 수가 있어서 蒸着은 양전극의 거의 中心線上에서 시킬 수가 있다. 蒸着에 사용한 試料은 금(純度 99.5%), 은(99.99%), Nickel(98%), 구리(99.99%)이고 試料表面의 汚損을 除去시키기 위하여 충분히 脫脂시킨 다음 弗化水素酸處理를 하였다. 放電電極은 Nickel基板이고 직경 60mm의 Rogowski形이다. 내부금속의 영향을 방지하기 위하여 蒸着膜은 3,000 Å이상의 두께로 하였다. 이와같이 超高眞空속에서 蒸着시켜 表面을 淸淨한 금속으로 被覆한 양전극은 외부에서 전후로 이동시킬 수가 있고 窓을 통해서 현미경으로 측정하면서 정확히 전극 거리를 설정시킬 수가 있다.

시료기체의 Argon과 Helium는 순도가 각각 99.99%이고 이것을 또다시 액체공기 trap과 赤熱시킨 銅網을 사용한 산소 trap을 통해서 放電槽로 도입시킨다. 기체의 封入壓力은 현미경을 사용하여 Oil manometer (DC-705사용)로 측정하여 放電槽內에 도입시켰고 압력은 4Torr로 통일시켰다.

전극을 금, 은, Nickel, 구리의 蒸着膜으로 被覆한 다음 전극표면상태의 변화의 영향을 조사하기 위하여 전극표면 상태의 변화를 酸化의 程度로 나타냈으며 그 定量을 酸素의 量(壓力×時間)으로 표시하였다. 변화시킨 범위는 5×10^{-6} Torr×10mins와 1.5Torr×30mins 두 종류이고 처음에 시료기체를 넣고 淸淨한 전극에 대하여 측정을 하고 그 다음 전극표면상태의 변화의 영향은 시료기체를 완전히 排氣시킨 다음에 산소를 넣어 전극을 산화시켰다. 그리고나서 다시 시료기체를 넣어 측정을 하였다. 이때 산화를 시키기 위해서 산소 도입후의 排氣는 1×10^{-8} Torr이하까지 시켜 殘留된 산소로 인해서 시료기체인 Argon이나 Helium의 汚染을 극력 피할 수가 있었다.

불꽃放電은 2분간격으로 측정하여 前측정의 불꽃의 영향이 없도록 하였고 再次 diverter回路에 의하여 불꽃간격을 흐르는 電荷量을 충분히 적게 억제시켜 불꽃放電이 되풀이되므로써 나타나는 표면상태의 변화를 最小로 방지 시킬 수가 있었다. 또 전압 印加는 定數가 큰 C-R回路를 통해서 측정하였으므로 전압 印加의 平均

一을 될 수 있는때 까지 감소시켰다고 본다. 그리고 전압측정은 Digital voltmeter를 사용하였다. 이로 인해서 그림 3에 例示한 것과 같이 불꽃전압의 經時變化는 거의 없었다고 본다. 음극의 照射는 重水素放電管(D²lamp)으로 행하였지만 불꽃전압의 변화는 거의 볼 수가 없었다.

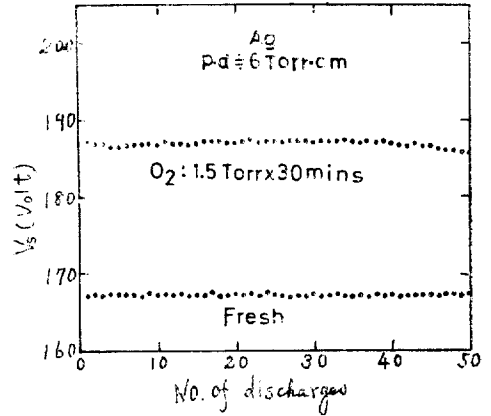


그림 3. 불꽃전압의 경시변화의 예
 Fig. 3. Aging of sparking voltage

3. 實驗結果

3-1 陰極材料의 影響

前述한 방법으로 극히 淸淨한 각종 금속을 蒸着膜으로 被覆한 전극을 Argon속에서 측정할 Paschen曲線을 그림 4에 표시하였다.

이때 불꽃전압은 전극재료의 일函數(Au=3.9~4.92, Ag=3.08~3.56, Ni=4.06~5.2, Cu=3.8~4.38)의 크기에 따라서 변화되고 Paschen曲線은 일函數가 증가함에 따라서 右上方으로 이동하는 것을 알 수가 있다. 그리고 그 極小點을 연결하면 거의 직선이 된다. 즉 곡선의 極小點을 (V_s)_m, 이와對應하는 pd (p : 氣壓, d : 電極距離)의 값을 (pd)_m라하면 Ar의 경우 음극의 일函數의 변화에 따라서 Paschen曲線의 極小點을 연결하는 선은 B' 를 적당한 定數라 할때 原點을 통하는 직선

$$(V_s)_m = B'(pd)_m \dots\dots\dots (1)$$

로 표시된다. 그림 4에서 경사된 직선은 (1)式을 표시하고 이 直線에서 구한 B' 의 값은 228~230 volt/Torr, cm가 된다.

그림 5는 Helium속에서 역시 극히 淸淨하다고 생각되는 각종금속의 蒸着膜으로 被覆한 전극으로 측정할 Paschen曲線이다. 이 그림을 볼때 불꽃전압은 그림 4의 Ar의 경우와는 달리 전극재료의 일函數의 크기에

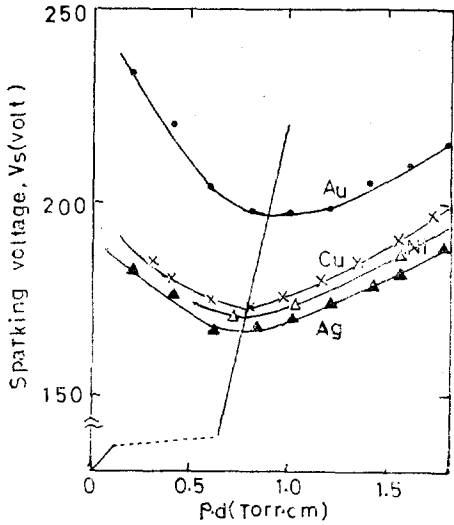


그림 4. Ar속에서 各種金屬陰極에서의 Paschen曲線
 Fig. 4. Paschen's curve for several cathode materials in Argon

따라서 변화되지 않고 또한 그 極小點을 연결할 때 직선을 이루지 않는다는 것을 알 수 있다. 그리고 $\Delta\mu$, Ag의 일函數($\Delta\mu=3.9\sim 4.92$, $Ag=3.08\sim 3.56$)의 差는 1(eV)程度의 差에 지나지 않으나 그림 4의 Ar의 最小 불꽃電壓은 $\Delta\mu=200V$, $Ag=170V$ 인 30(V)의 差를 이룬다. 그림 5의 He경우는 각종 금속의 불꽃電壓이 거의 같다는 것을 알 수 있다. 그림 6에 Helium속에서 측정된 最小 불꽃電壓 (V_s)_{min}과 음극의 일函數와의 關係를 표시하였다. 본實驗에서는 일函數의 측정은 하지않

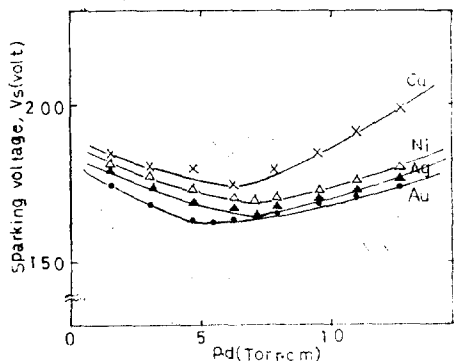


그림 5. He속에서 各種金屬陰極에서의 Paschen曲線
 Fig. 5. Paschen's Curve for several cathode materials in Helium

았고 信賴할 수 있는 측정치를 사용하여 그림에 橫實線으로 그 範圍를 표시하였다. 또 같은 그림에다 相對的으로 낮은 일函數를 갖는 음극에서의 H. Jacobs³⁾의 결과를 實線으로 표시하고 또한 Bolotin⁴⁾이 여기에 補充

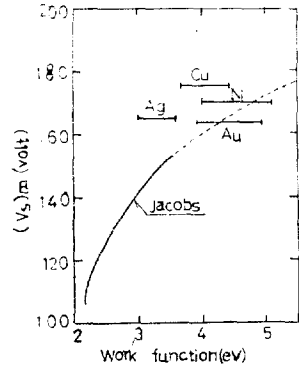


그림 6. 陰極에서의 最小 불꽃電壓 (V_s)_{min}과 일函數와의 關係
 Fig. 6. Relation between (V_s)_{min} and work function of cathode

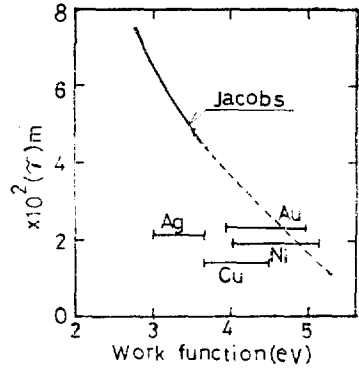


그림 7. 陰極에서의 2次電離係數(r)_{min}과 일函數와의 關係
 Fig. 7. Relation between (r)_{min} and work function of cathode.

하여 얻은 曲線을 點線으로 표시하였다. 이로부터 본實驗의 結果가 거의 이 두 곡선에 실여 있음을 알 수 있다.

그림 7에 Helium속에서 측정된 paschen곡선의 極小點에 있어서 Townsend의 2次電離係數 (r)_{min}과 음극면의 일函數와의 關係를 표시하였다. (r)_{min}는 역시 일函數와는 비교적 단순한 關係를 이루고 있고 (r)_{min}는 거의 Bolotin의 곡선上 부근에 있다는 것을 알 수 있다.

3-2 表面狀態(酸化의 影響)

淸淨한 $\Delta\mu$, Ag, Ni, Cu로 표면을 피복한 전극을 壓力 5×10^{-4} Torr, 時間 10分間 酸素에 닿게하여 전극표면에 單原子層程度의 酸素汚損이 생겼을 때와 壓力 1.5Torr, 時間 30分間 酸素에 닿게하여 전극표면에 완전히 酸化膜을 形成하였을 때의 이 두 경우에 대하여

불꽃전압을 측정하여 각종금속의 淸淨電極과 비교해서 Paschen곡선을 그린 것이 그림 8, 9, 10, 11이다. 어느 경우나 酸化를 시키기 위해서 導入한 酸素는 1×10^{-5} Torr이하까지 排氣시켜 다음에 넣은 Helium이 殘留된 酸素에 의해서 汚染되지 않도록 각별히 주의하였다.

Au, Ag 경우에 있어서는 5×10^{-4} Torr의 微量의 酸素가 음극면에 存在할 경우 (이 段階에서는 표면이 아직도 酸化되지 않았다고 생각됨) 불꽃전압은 별로 영향이 없고 淸淨面電極경우와 거의 같은 狀態임을 알 수 있었다.

그러나 Ni, Cu에 있어서는 微量의 酸素일지라도 陰極面に 吸着되면 불꽃전압이 현저하게 影響을 받는다는 것을 알 수 있다.

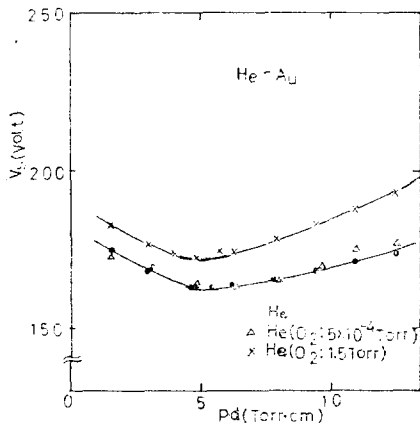


그림 8. Helium속에서 Au의 Paschen曲線
Fig. 8. Paschen's curve for Au in Helium

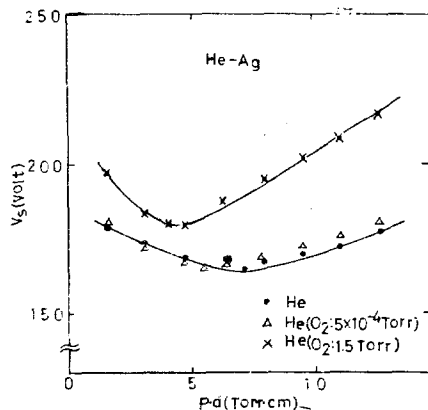


그림 9. Helium속에서 Ag의 Paschen曲線
Fig. 9. Paschen's curve for Ag in Helium

또 Au, Ag에 있어서는 電極이 酸化되었을 경우가 淸淨面일 때 보다도 $(V_s)_m$ 가 上昇되지만 Ni, Cu에 있어서는 이와 反對로 $(V_s)_m$ 가 내려감을 보인 것이다.

이 3가지 경우를 비교할 때 Au, Ag 2가지 경우에 있어

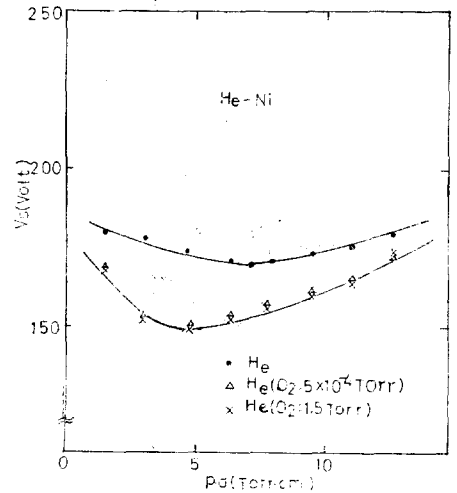


그림 10. Helium속에서 Ni의 Paschen曲線
Fig. 10. Paschen's curve for Ni in Helium

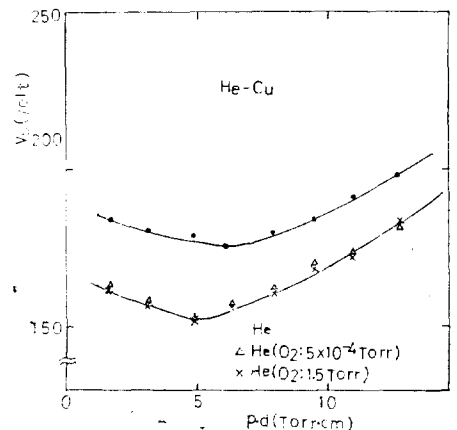


그림 11. Helium속에서 Cu의 Paschen曲線
Fig. 11. Paschen's Curve for Cu in Helium

서는 酸素에 대하여 吸着뿐이고 化合物을 만들지 않기 때문에 酸素에 닿았을 경우 吸着으로 인해서 陰極面の 일函數는 커지니^{7), 8)} 2次電離係數 γ 는 적어지고 따라서 最小불꽃電壓 $(V_s)_m$ 는 커진다고 생각된다. Ni, Cu에 있어서는 酸素에 대하여 吸着뿐만이 아니라 化合物을 만들기 때문에 陰極面的 일函數는 도리어 적어지므로^{7), 8)} 2次電離係數 γ 는 커지고 따라서 最小불꽃電壓 $(V_s)_m$ 는 적어진다고 볼 수 있다. 이것은 (5)(6)式으로도 증명되는 事實이다.

그리고 測定후의 전극표면의 상태를 보면 Ni는 전극 표면이 금속광택이 변화되어 검은 灰綠色의 NiO로 되었고 Cu는 赤色인 CuO로 변한 것을 알 수 있었다.

3-3 放電의 電流波形

사진 3은 Helium속에서 Au電極을 酸化 (1.5 Torr)



縱軸 : 0.5V/div · R=1.8KΩ
橫軸 : 0.1ms/div

사진 3. 放電의 電流波形

Photo. 3. Current wave form in discharge

시키고 兩電極間隔을 1.2cm 氣體壓力을 4Torr로 하여 放電시켰을 때 Oscilloscope에 나타난 것을 찍은 사진이다. 이때 thyratron "S"+6V이다. 縱軸 : 0.5V/div R=1.8KΩ, 橫軸 : 0.1ms/div이다.

4. 檢 討

4-1 Paschen曲線의 極小點의 特異性

Argon에 있어서 Paschen曲線의 極小點附近에서의 Ar의 1次電離係數 α/p 는

$$\frac{\alpha}{p} = A \exp\left(-\frac{BP}{E}\right) \dots \dots \dots (2)$$

로 표시된다. 이식과 Townsend의 自續條件式

$$\gamma(e^{\alpha d} - 1) = 1 \dots \dots \dots (3)$$

에서 불꽃전압 V_s 는

$$V_s = \frac{Bpd}{\ln(Apd) - \ln\left(\frac{1}{\gamma} + 1\right)} \dots \dots \dots (4)$$

가 얻어진다. (4)식을 pd 에 대하여 微分하여 Paschen曲線의 極小點에 對應하는 極值를 求하면

$$(Vs)_m = B(pd)_m \dots \dots \dots (5)$$

$$(pd)_m = \frac{2,718}{A} \ln\left(\frac{1}{\gamma} + 1\right) \dots \dots \dots (6)$$

가 된다. 定數 A, B는 氣體에 의해서 定해지는 定數이고 Ar에 있어서는 $A=12\sim 13$ (cm⁻¹), $B=200\sim 230$ (volt/Torr.cm)이며 이값은 實驗者에 따라서 약간 差異가 있다.

여기서 (5)식과 (1)식을 비교할 때 實驗結果로 얻어진 (1)식의 B' 는 228~230(volt/Torr.cm)의 값을 가지며 (1)식의 關係는 (5)식의 B와 大端히 一致되는 값을 갖는다는 것을 알 수 있다. 즉 Townsend의 實驗式 (2)식이 Paschen曲線의 極小點을 包含하는 범위내에서 정확히 說明하는 것은 이미 잘 알고있는 事實이나 이 結果는 아직까지 假定으로만 使用되어왔던

Townsend의 自續條件을 표시하는 (3)식이 Ar의 Paschen曲線의 極小點에 있어서도 實際로 滿足된다는 것을 이번 實驗으로 確信하게 되었다. 즉 Ar에 있어서는 그림 4와 같이 paschen曲線의 極小點이 (5)식을 滿足시키기 때문에 極小點이 (5)식과 같은 直線上에 실리게 된다.

그러나 He의 경우는 그림 5와 같이 極小點이 (5)식을 滿足시키지 못하므로 (5)식과 같은 直線上에 실리지 못한다.

그理由로서 Ar에서는 極小點에서의 $(Es/p)_{min}$ ($= (Vs)_{min}/(pd)_{min}$)가 200~230volt/Torr.cm로 相當히 높으나 (이關係가 滿足되는 N₂에 있어서도 $(Es/p)_{min}$ 는 300V/Torr.cm 程度로 相當히 높다) He경우에 있어서는 $(Es/p)_{min}$ 가 35volt/Torr.cm程度로 極히 낮다. Ar, N₂ group와 He와의 差異가 이點에 있다고 생각된다. $(Es/p)_{min}$ 가 높았을 때 생각되는 2次機構로서는 γ_i 즉 ion으로 생기는 2次電子放出機構만이 생각되지만 $(Es/p)_{min}$ 가 낮았을 때 생각되는 2次機構로서는 γ_i 以外에 γ_p (準安定原子로 陰極面에서의 2次電離作用), γ_m (光子로 陰極面에서의 光電子放出)作用等 또 다른 機構의 2次過程이 존재한다는 것도 생각하게 된다. 즉 複合性을 갖는다. 왜냐하면 (Energy分布函數)×(電離確率)∝ion生成數, (Energy分布函數)×(勵起確率)∝ γ_p 에 有效한 光子의 生成數인 것을 생각할 때 低 $(Es/p)_{min}$ 側이 高 $(Es/p)_{min}$ 側보다 (光子의 生成數)/(ion生成數)의 비이 값이 크다는 것으로도 알 수가 있고, 또 이것은 光子에 의한 2次電子放出의 効率は 일函數依存性이 大端히 큰데 比하여 ion에 의한 2次電子放出의 効率は 일函數依存性이 大端히 적다는 것도 생각할 問題이다. 그러나 이것은 定性的인 記述에 불과하고 개개의 氣體에 대해서 확인할 必要가 있다고 본다.

따라서 He의 paschen曲線의 極小點을 결정하는 2次機構에는 2개이상의 다른 過程이 존재하고 또한 각각의 過程에 있어서 表面狀態의 依存性이 달라질 경우는 Ar에서와 같이 간단히 單一하게는 표현할 수 없고 따라서 極小點의 變位가 原點을 逡하는 直線上에 실리지 못할 可能性이 있다고 본다.

이것을 확인하기 위하여 今後 表現상태를 변화시켰을 때 각각의 極小點附近의 2次機構가 달라지는 것을 확인할 必要가 있다. 따라서 極小點附近에서 過電壓率에 얕은 部分에서 time lag의 分布測定 혹은 電流成長의 速度測定을 할 必要가 있다고 본다.

또 이와 關聯해서 最小불꽃電壓에 대해서 pd 의 값이 Ar에서는 그림 4와 같이 대체로 0.7~0.9 Torr.cm인데 비해서 He경우는 이보다 甚 크고 그림 5와 같이 5.6~7.1 Torr.cm程度이다. 이것은 Townsend의 1次

電離係數 α/p 와 電界 E/p 의 關係로부터 豫想되는 사실이다.

4-2 最小불꽃電壓이 일函數에 대해서 갖는 依存性

各種金屬의 일函數는 $Au=3.9\sim 4.92$, $Ag=3.08\sim 3.56$, $Ni=4.06\sim 5.2$, $Cu=3.8\sim 4.38$ (測定法과 金屬의 不純物에 따라서 다소 差異가 있음. 日本放電 hand book)이며 各種金屬間에 相當한 差가 있음에도 불구하고

a) 淸淨面

그림 4와 그림 5에서 Ar의 경우는 最小불꽃電壓이 거의 일函數에 比例해서 上昇하며 특히 Au와 Ag에 있어서는 그 差가 30(V)나 된다. 그러나 He의 경우는 最小불꽃電壓이 거의 같은 168(V)정도이다.

b) 酸化面

Ar에 있어서는 最小불꽃電壓이 淸淨面에 比해서 大體로 60(V)의 差를 이루고 있지만 (Ag, Ni, Cu) He경우는 그림 8~그림 11에서와 같이 Au를 除外하고는 거의 10~20(V)의 差를 이루고 있다.

c) 最大로 일函數가 增加되는 點

代表로 Ni電極을 酸化시켰을 경우에 縱軸에는 最小불꽃電壓을 잡고 橫軸에는 (酸素壓力)×(時間)의 對數를 취하여 $\log_{10}(pt)$ 를 測定해 보면 Ar에 있어서는 2⁵이고 He 경우는 1.4이다.

이 3가지 어느 경우를 보거나 He경우가 Ar보다 일函數의 依存性이 적다는 것을 알 수 있다.

4-3 酸素導入으로 Ni, Cu表面狀態의 變化

淸淨한 Ni表面에 酸素가 닿으면 直時 解離되어 酸素原子가 된다. 100%의 附着率로 吸着되어 全 Energy를 極小로 만들기 때문에 Ni原子의 移動, 再配列을 促進시키고 NiO와 가까운 構造配列로 安定된다고 생각된다. 특히 表面原子密度가 적은 (110)面은 結合手의 餘分이 많아서 가장 吸着의 影響을 받기가 쉽다.

또 淸淨한 Ni表面의 일函數에 比해서 酸素의 陰性度가 크기 때문에 어떠한 形態로든 間에 酸素가 吸着하면 Ni쪽에서 酸素쪽으로 電子가 移動하여 吸着層은 負로 되고 Ni쪽은 正으로 帶電된 2重層이 形成되어 表面의 일函數가 增加되어 電子放出을 방해한다고 생각된다. 또한 酸素壓力이 增加하면 酸素는 Ni내부로 浸透되며 한편 表面에 가장 가까운 酸素는 일부가 Ni와 結合하여 酸化物을 形成한다. 그리고 加熱하면 일층 酸化가 促進되어 表面全體가 酸化皮膜으로 덮혀진다고 생각된다.

4-4 Paschen曲線의 緩慢度

Ar의 Paschen曲線에 比해서 He경우의 Paschen曲線이 緩慢하다 이것은 電離係數 α/p 가 電界 E/p 에 의

해서 依存되는 것으로 豫想되는 것이지만 Townsend의 實驗式 (2)式에서 定數 A, B가 Ar경우는 $A_{Ar}=12$, $B_{Ar}=200$, 이고 He경우는 $A_{He}=3$ $B_{He}=35$ 이다. 그런데 一定(氣體의 壓力)×(間隔)으로 比較해 볼 때 $(Vs)_m$ 을 pd 로 微分하면 이것은 B의 大小에 의해서 決定된다. 그런데 $B_{He}>B_{Ar}$ 이므로 He경우의 Paschen曲線이 緩慢해지는 것은 당연하다.

5. 結 論

이상 結果를 要約하면 다음과 같다.

1) 最小불꽃電壓이 되는 pd 의 값이 Ar에 있어서는 0.7~0.9 Torr.cm이지만 He에 있어서는 5.6~7.1 Torr.cm이다. 그리고 He에 있어서는 그 Paschen曲線의 形態가 Argon에 比하여 緩慢하다.

2) Ar에 있어서는 Paschen曲線의 極小點이 Townsend의 自續條件式을 滿足시키지만 He에 있어서는 自續條件式을 滿足시키지 않는다. 또한 He경우에 있어서는 2次機構 γ 作用에 있어서 複合性을 갖는다.

3) He경우는 Ar에 比해서 일函數의 依存性이 적다.

4) He경우에 있어서 Au, Ag경우는 酸化된 電極이 淸淨電極보다 最小불꽃電壓이 上昇되고 Ni, Cu경우는 이와 反對이다.

본 報告書는 仁荷大學校 附設 材料科學研究所에서 支給된 研究費에 의해서 研究하던 중 渡日하게 되어 慶應大學 工學部 森研究室에서 이루어진 結果이며 研究所 當局과 研究室에서 本人을 指導해 주신 森博士와 中村博士에게 深甚한 謝意를 表하는 바이다.

참 고 문 헌

- 1) H.D.Hagstrum, Phys. Rev. Vol. 96, No.2, 1954. Y. Takeish and H.D. Hagstrum, Phys. Rev. Vol. 137, No.2A, 1963.
- 2) D.A. MacLennan, Phys. Rev. Vol 148, No.1 1966.
- 3) H.Jacobs and A.P. LaRocque, Phys. Rev. Vol. 74, No.2, 1948. H.Jacobs and A.P. LaRocque, J.Appl. Phys, Vol. 18, 1947.
- 4) V.B. Bolotin, I.V.U.Z. Fizika, No.10 1968.
- 5) 日本放電研究會資料 ED-72-3.
- 6) T.Mori, Y.Nakamura, The ninth IGPIG, 1969.
- 7) J.H.Deboer: Electron Emission and Adsorption Phenomena (1955) Cambridge Univ. Press.
- 8) 物性物理學講座 10: 界面現象·格子缺陷(1963) 日本共立出版社.
- 9) 放電 hand book 日本電氣學會版 1974.