

자기방전이온뿔프의 개별적인 방전세포들에서 기체이온들의 음극락하특성

전승찬, 전학연

가벼운 기체들과 활성기체들, 무거운 불활성기체들, 기체화합물들에 대한 배기물립새들은 밝혀져있다. 자기방전이온뿔프의 음극구조설계에서는 각이한 기체들에 대한 배기물립새와 기체이온들의 음극락하특성을 해명하는 문제가 제기된다.[1-3]

우리는 국내산재료에 의한 자기방전이온뿔프의 개발과정에서 해명한 기체이온들의 몇가지 음극락하특성을 고찰하였다.

1. 실험장치의 기본구조

자기방전이온뿔프의 개별적인 방전세포들에서 음극을 포격하는 이온들의 특성들을 분석하는 장치는 방전세포와 이온수집기, 외부기계장치로 되어있다.(그림 1) 방전세포의 양극은 두께가 0.5mm인 불수강($\mu=1.008$)판으로 직경 $D=20\text{mm}$, 길이 $l=20\text{mm}$ 되게 만든 원기둥형전극이다. 양극에 대하여 대칭으로 배치된 음극판의 재료는 국내산고순도티탄이다. 양극과 음극사이거리는 5mm이며 방전세포에 설정된 자속밀도는 $B=0.25\text{T}$, 양극전압($U_a=7\text{kV}$)은 자체로 개발한 자기방전이온뿔프의 동작정수들과 같으며 일정한 값으로 유지된다.

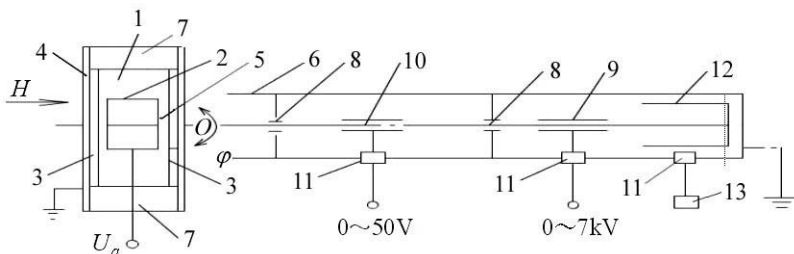


그림 1. 실험장치의 기본구조

- 1-방전세포, 2-양극, 3-음극, 4-자기전도체(계철), 5-음극의 좁은 틈, 6-이온수집기, 7-영구자석, 8-차광막, 9-이온들을 정지시키는 관형전극, 10-전자들을 제한하는 관형전극, 11-사기애자, 12-이온수집통, 13-이온전류측정기, H-자기마당의 세기, ϕ -회전각, O-방전세포중심축, U_a -양극전압

방전세포에서 압력을 $10^{-2} \sim 10^{-4} \text{Pa}$ 구간에서 변화시키면 방전전류는 $2\text{mA} \sim 20\mu\text{A}$ 구간에서 변화된다.

그림 1에서 보는바와 같이 실험장치는 방전세포의 대칭축과 수직으로 일치되게 1개 음극판의 중심부에는 길이 30mm, 너비 0.5mm인 좁은 틈을 내었으며 음극의 좁은 틈뒤에 놓인 이온수집기에는 직경 $d=0.5\text{mm}$ 인 2개의 차광막(차광막사이거리는 10mm)을 설치하였다. 또한 이온들의 에너지를 측정할 때 이온들을 제동시키는 전압을 걸어주는 관형전극과 전자들을 제한하는 관형전극, 이온수집통, 이온수집기본체를 절연시키는 사기애자가 하나

의 차폐통안에 설치되어있다.

이온수집기는 외부기계장치에 의하여 음극틈을 따라 이동할수 있으며 방전세포는 음극틈의 해당하는 점들에서 $\varphi \leq \pm\pi/2$ 한계내의 임의의 각으로 회전할수 있다.

2. 측 정 결 과

방전부분으로부터 음극틈을 통하여 얻어지는 이온뿔음은 이온수집기로 향한다. 이온수집기의 차광막들에 의하여 넓은 이온뿔음은 직경이 0.5mm인 가는 이온뿔음으로 되어 이온수집기통에 떨어져 이온전류로 검출된다.

각이한 압력조건에서 음극표면의 법선각으로 향하는 이온전류밀도의 반경에 따르는 분포는 그림 2, 방전세포를 O점 주위로 회전시켜 얻어지는 이온전류밀도의 각분포는 그림 3, 압력이 $2.6 \cdot 10^{-3} \text{Pa}$ 인 때 음극의 일부 점들에서 이온전류밀도의 각분포특성은 그림 4와 같다.

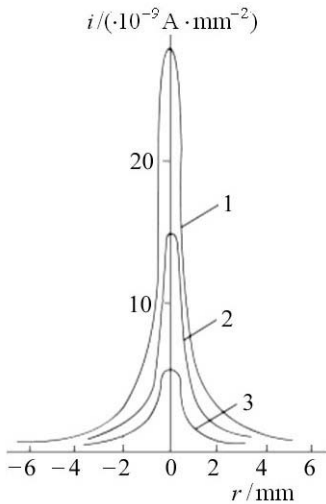


그림 2. 이온전류밀도반경(r)에 따르는 분포
1— $1.0 \cdot 10^{-2} \text{Pa}$, 2— $6.6 \cdot 10^{-3} \text{Pa}$,
3— $2.6 \cdot 10^{-3} \text{Pa}$

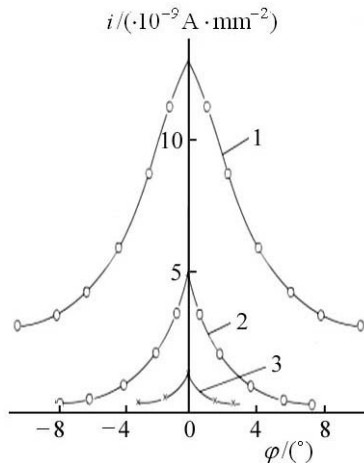


그림 3. 음극중심을 통과하는 이온전류의 각분포
1— $5.3 \cdot 10^{-3} \text{Pa}$, 2— $2.6 \cdot 10^{-3} \text{Pa}$,
3— $6.6 \cdot 10^{-4} \text{Pa}$

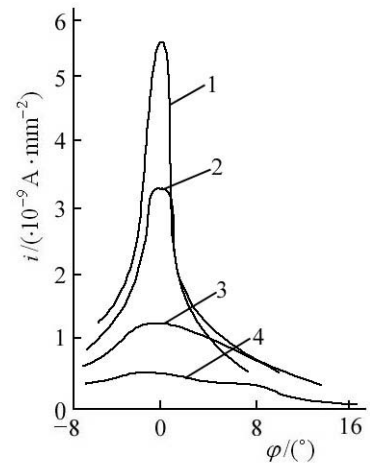


그림 4. 각이한 음극구역을 통과하는 이온전류 밀도의 각분포
1—4는 r 값이 0, 0.6, 1, 2mm인 경우

그림 2—4에서 보는바와 같이 잔류기체이온들은 기본적으로 음극중심구역을 포격한다는것을 알수 있다. 압력이 $2.6 \cdot 10^{-3} \text{Pa}$ 인 때 방전축으로부터 0.5mm 떨어진 점의 이온전류밀도는 음극중심의 이온전류밀도에 비하여 절반으로 작아진다.(그림 2) 음극표면에 떨어지는 잔류기체이온들은 음극표면의 법선각과 유사한 각을 가진다.

압력이 $2.6 \cdot 10^{-3} \text{Pa}$ 인 때 음극중심에서 $\varphi = 1.5^\circ$ 에 해당하는 이온전류밀도는 $\varphi = 0^\circ$ 인 때의 이온전류밀도에 비하여 절반으로 된다.

방전세포에서 발생한 이온들의 에네르기스펙트르는 관형전극(9)에 0~7kV 구간에서 조절되는 전압을 투입하여 얻었다. 음극틈을 지나 방전부분으로부터 나오는 이온뿔음에는 전자들도 포함되어있다. 이온뿔음에서 전자들을 제한하기 위하여 0~-50V 구간에서 설정되는 부의 전압을 관형전극(10)에 걸어준다.

이온들이 음극표면을 법선각으로 포격할 때 제동전압의 크기와 이온수집기통으로 흐

르는 이온전류관계는 그림 5와 같다. 이 이온전류관계를 제동전압으로 미분하여 각이한 압력조건에서 이온들의 에너지스펙트르를 얻은 결과는 그림 6과 같다.

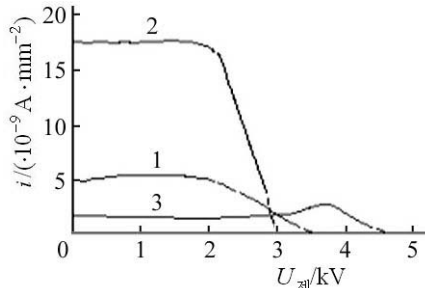


그림 5. 제동전압의 크기에 따르는
이온수집통의 이온전류관계
1-3은 $2.6 \cdot 10^{-3}$, $6.6 \cdot 10^{-3}$, $6.6 \cdot 10^{-4}$ Pa 인 경우

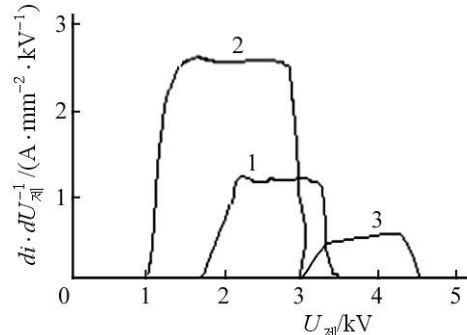


그림 6. 음극중심을 수직으로 포격하는
이온들의 에너지스펙트르
1-3은 $2.6 \cdot 10^{-3}$, $6.6 \cdot 10^{-3}$, $6.6 \cdot 10^{-4}$ Pa 인 경우

그림 6에서 보는바와 같이 압력이 $P \leq 6.6 \cdot 10^{-3}$ Pa 인 때 방전세포에는 평균에너지 $E_{\text{평}} < 1 \text{ keV}$ 인 이온들이 없으며 압력이 감소됨에 따라 이온들의 평균에너지도 증가된다는 것을 알수 있다. 측정결과에 의하면 방전세포에서 압력이 $P \leq 6.6 \cdot 10^{-3}$ Pa 인 때 $E_{\text{평}} = 2.25 \text{ keV}$, $P \leq 6.6 \cdot 10^{-4}$ Pa 인 때 $E_{\text{평}} = 3.75 \text{ keV}$ 이다.

음극을 포격하는 잔류기체이온들의 특성을 고려하여 개발한 자기방전이온뿔프의 음극 구조는 그림 7과 같다.

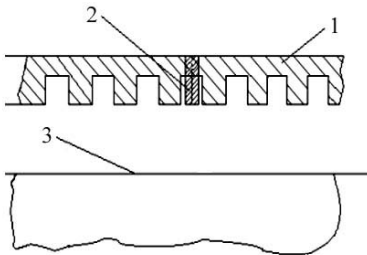


그림 7. 자기방전이온뿔프의 음극구조
1-모서리형음극, 2-탄탈심, 3-양극세포

가벼운 기체, 활성기체, 기체화합물들의 배기물림새를 고려하여 음극을 고순도타탄에 의한 모서리형음극으로 만들고 무거운 불활성기체(Ar, Kr, Xe 등)의 배기물림새와 음극을 포격하는 이온들의 특성을 고려하여 개별적인 방전세포의 중심에 질량이 큰 ^{181}Ta 심을 넣었다. 이와 같은 음극구조의 뿔프는 무거운 불활성기체(특히 Ar)에 대한 상대배기속도가 특별히 크다.

맺는 말

1) 잔류기체이온들은 기본적으로 음극표면의 중심부분을 포격한다.

압력이 $2.6 \cdot 10^{-3}$ Pa 인 경우 방전축으로부터 0.5mm 떨어진 점의 이온전류밀도는 음극 중심의 이온전류밀도에 비하여 절반으로 감소된다.

2) 음극표면에 떨어지는 잔류기체이온들은 음극표면의 법선각과 유사한 각을 가진다. 압력 $2.6 \cdot 10^{-3}$ Pa 인 때 음극중심에서 $\varphi = 1.5^\circ$ 에 해당하는 이온전류밀도는 $\varphi = 0^\circ$ 인 때의 이온전류밀도에 비하여 절반으로 된다.

3) 음극중심을 포격하는 이온들의 평균에너지는 압력에 관계된다.

압력이 $6.6 \cdot 10^{-3}$ Pa 인 경우 $E_{\text{평}} = 2.25 \text{ keV}$, $6.6 \cdot 10^{-4}$ Pa 인 경우에는 $E_{\text{평}} = 3.75 \text{ keV}$ 이다.

참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 56, 10, 87, 주체99(2010).
- [2] 김일성종합대학학보(자연과학), 59, 5, 81, 주체102(2013).
- [3] 池田佳直; 眞空, 41, 5, 9, 1998.

주체103(2014)년 3월 5일 원고접수

Cathode-Falling Characteristics of Gaseous Ions in the Individual Discharge Cell of the Magnetic Discharge Ion Pump

Jon Sung Chan, Jon Hak Yon

We considered several cathode-falling characteristics of gaseous ions in individual discharge cells of the magnetic discharge ion pump.

First, the residual gaseous ions mainly destruct the center part of cathode surface.

Second, the residual gaseous ions falling on the cathode surface have falling angles similar to the normal angle of cathode surface.

Third, the energy of ions destructing cathode center depends on pressure.

Key words: magnetic discharge, discharge cell