

# 진공 용기 내부로 순간적으로 주입된 Ar 기체의 압력 변화 측정

고 재준, 최 은하, 최 명철  
광운대학교 전자물리과

## 1. 서 론

펄스 타입 플라즈마의 발생, MPD(Magneto Plasma Dynamics) gun, 집단 이온 가속(collective ion acceleration) 등의 플라즈마 응용 연구에서는 고진공으로 유지되는 vacuum chamber에 중성 기체를 순간적으로 주입하여 이온화 시키는 고도의 기술이 필요하다. 이 경우 주입된 기체의 밀도 및 압력분포 그리고 이온화율 등의 시간 및 공간에 따른 측정은 실험 전체의 신뢰도 및 성공도를 좌우하는 매우 중요한 기초 자료가 된다.

본 연구에서는 집단이온가속 및 MPD gun 실험에 응용할 목적으로 고속 동작 밸브, 상용 진공관을 이용한 고속 반응 이온 게이지 등을 자체 제작하였으며 이를 이용한 고진공 용기에 순간적으로 주입된 Ar 기체의 압력변화의 공간 및 시간적 측정 방법 및 결과를 서술하였다.

## 2. 실험방법

이온 게이지의 동작은 열음극에서 방출되어 가속된 전자들과 중성 기체 분자들과의 충돌 현상에 의존된다. 일반적으로 이온게이지에서 측정되는 이온전류  $I_b$  는 식(1)과 같이 전자 방출 전류  $I_c$ , 중성 기체 압력  $P$ , 게이지 감도(sensitivity)  $K$  등에 의하여 결정되어진다. 여기서 게이지 감도  $K$ 는 게이지의 구조, 가속 전

$$\frac{I_b}{I_c} = KP^n \quad (1)$$

압, 압력 등의 함수인데 만일 어떤 압력 범위에서  $K$ 가 압력에 무관하다면 게이지가 직선적인 특성을 갖게 되므로 보정이 매우 간편해진다. 그러나 이때에도 전자 방출 전류  $I_c$ 는 압력 변화에 대하여 큰 변화가 없어야 한다는 조건이 전제된다. 따라서 5극관을 이용한 이온 게이지가 본 연구에서 측정하고자 하는 저진공 영역( $10^{-3} - 1$  Torr)에서 압력에 대해 선형 특성을 갖도록 초기 전자 방출전류  $I_c$ , 전자 가속전압  $V_{gc}$  및 외부 구동회로 정수들을 특성 실험을 통하여 선택 하였다.

자체적으로 제작된 고속 동작 밸브(Fast Acting Valve)를 이용하여 순간적으로 Ar 기체를 주입하고 고속 이온 게이지를 사용하여 Ar 기체의 압력을 측정 하였다. 실험 방법 및 순서는 다음과 같다. 먼저 진공 용기를  $10^{-5}$  Torr 까지 진공시킨후 이온 게이지의 전자 방출 전류가 1 mA가 되도록 필라멘트 전압을 조절한다. 이때 가속전압  $V_{gc}$  는 80 V를 유지하게 되며 프레이트 전압은 -30 V이

다. 그리고 고속 동작 밸브에 Ar 기체를 1기압 압력으로 충전한 후 밸브 구동용 콘덴서뱅크에 충전 전압을 인가한다. 콘덴서뱅크의 충전이 끝나면 외부 트리거 신호를 발생시켜 고속 동작 밸브를 작동 시킨다. 이때 고속 동작 밸브에 부착되어 있는 밸브 열림 스위치에서 발생하는 신호를 기준 신호로 하여 밸브 열림 시간  $\Delta T$  및 전자 방출 전류 신호  $I_c$ , 플레이트 이온 전류 신호  $I_p$  등을 동시에 측정하였다. 위 과정을 콘덴서뱅크에 가해지는 전압과 이온 게이지의 위치를 변인으로써 반복 실험 하였다.

### 3. 실험결과

용기 내부로 주입된 Ar 기체는 이온 게이지 측정 결과 밸브가 열린후 약 700us 후에 10cm 길이의 노즐 끝에 도달되었고 700 ~ 2000 us 의 시간 범위 내에서 최대 200 ~ 300 mTorr의 압력을 형성하였다. 임의의 시각에서 분포반경은 1000 us 까지는 축방향 4 cm 이내의 지역적인 압력 분포를 이루었고 이 시간 이후에는 점차로 분포 반경은 넓어지며 약 2 ms 까지는 중심 압력이 상승하였다. 3ms 이후에는 반경이 10cm 보다 큰 값으로 유지되어 지역적 분포 특성은 사라지고 도파관 내부의 압력이 전체적으로 수백 mTorr 까지 상승되었다. 또한 용기 내부에서 Ar 기체의 평균 확산 속도는 TOF 측정결과 300 ~ 400 m/s 로 측정되었다. 기체의 순간 주입은 자체 제작한 고속 동작 밸브를 사용하였다. 고속 동작 밸브의 주요 특성인 압력 상승 시간 및 밸브 열림 시간은 밸브에 인가된 에너지 및 밸브 내부 압력 변인 등에 의하여 400 ~ 500 Torr/s , 1 ~ 4 ms로 조절될 수 있었다.

