

V1-002

전계방출 전자원을 이용한 극고진공 환경의 압력측정

조복래

한국표준과학연구원

압력 10^9 Torr 이하의 초고진공(ultrahigh vacuum) 영역에서의 압력 측정에는 수 mA의 열전자로 잔류 가스를 이온화시켜 그 이온 전류를 측정하는 이온게이지를 주로 사용한다. 압력이 10^{-12} Torr영역 이하인 극고진공(extreme high vacuum: XHV) 영역에 진입하면, ESD (electron stimulated desorption) 효과 등에 의한 이온 게이지 자체의 가스방출률이 커져 정확한 압력 측정이 곤란해 진다. 극고진공 영역에서 이온 게이지는 수 와트(W) 이상의 전력을 사용하여 수 mA의 열전자를 방출시키나, 신호인 이온 전류의 양은 1pA 이하이기 때문에 열전자에 의해 발생하는 백그라운드 전류에 묻혀 신호 전류가 측정되지 않는다고 할 수 있다.

100 nm 이하의 곡률을 가진 뾰족한 금속 탐침에 강한 전기장을 걸어주면 고체 내부의 전자가 터널링 효과에 의해 진공 중으로 방출되며, 이를 전계방출(Field Electron Emission) 효과라 부른다. 전계 방출 전류량은 탐침 표면의 일함수에 의존하며, 일함수가 클수록 지수함수 적으로 감소한다. 금속 표면에 진공 중의 잔류 가스가 부착하면 일함수가 증가한다. 가열에 의해 전계방출 탐침의 표면을 세정한 후에 전자 빔을 방출 시키면, 표면에 가스 분자가 흡착하여 방출 전류량은 점점 감소한다. 감소 속도는 압력에 비례하며, W(310) 탐침의 경우 10^{-10} Torr 영역에서는 수분만에 최초 전류값의 1% 이하로 감소한다.

전계방출 전류의 감소속도가 압력에 비례하는 현상을 이용하여 압력을 측정하였다. Extractor Ionization Gauge 측정값 $5 \times 10^{-12} - 3 \times 10^{-10}$ Torr의 범위에서 (111) 방향으로 정렬된 텅스텐 단결정 탐침을 사용하여 방출전류의 로그값을 시간의 함수로 semilog그래프를 그리면, 그래프는 직선을 그리며 그 기울기가 압력에 비례함을 알 수 있었다. 기울기 값과 게이지 측정값은 $10^{-11} \sim 10^{-10}$ Torr 영역에서 거의 완벽한 비례관계를 보여주었으나, 10^{-12} Torr 영역에서 게이지 측정값은 기울기 값에서 추출한 압력치보다 높은 값을 보여주었으며, 이는 게이지 백그라운드 전류에 의한 차이라고 생각된다.

W (310) 탐침의 방출전류는 그 감소속도가 W (111) 탐침과 마찬가지로 압력에 비례하였으나, 전류-시간 그래프는 가열 세정 직후에 전류가 거의 감소하지 않는 2×10^{-10} Torr에서 약 10분간 지속되는 ‘안정 영역’이 존재함을 보여주었다. ‘안정 영역’은 10^{-11} Torr 영역에서는 수십분, 10^{-12} Torr 영역에서는 수시간 이상으로 증가하였다. 초-극고진공 영역에서의 잔류가스 주성분인 수소에서 물, 일산화탄소등의 가스로 바뀌면 ‘안정 영역’은 사라졌고, 이는 ‘안정 영역’이 수소 흡착에 의해서만 나타나는 고유 현상임을 말해준다.

Keywords: 극고진공, 전계방출, 압력