

## 질소 Helicon Wave Plasma의 진단

김기섭, 전찬욱, 김선효

경북 포항시 효자동 포항공과대학교 재료금속공학과

### 서론

플라즈마를 이용한 공정에서 증착 및 에칭 효율을 높이기 위한 방안으로서  $10^{11}$   $\text{cm}^{-3}$  이상의 고밀도 실현할 수 있는 플라즈마에 대한 관심이 높아져 이에 대한 연구가 활발히 연구중에 있다. 지금 까지 상용화된 대표적 소스로는 전자공명방식을 이용한 ECR(Electron Cycrotron Resonance)과 ICP(Inductively Coupled Plasma)등이 있으며, 특히 Helicon 플라즈마는 특이한 이온화 기구에 의해 플라즈마 발생관으로 주입되는 중성원자들이 완전이온화되는 특성을 가지고 있어 플라즈마 물리학이나 산업응용 측면에서 흥미로운 새 플라즈마 소스원으로서 주목받고 있다. 헬리콘 플라즈마에 대한 특성 평가와 해석은 주로 이온화가 용이한 아르곤 개스를 이용하여 행하여져 왔으며 질소를 이용한 플라즈마 상태에 대한 연구는 거의 전무한 상태이다. 질소는 결합에너지가 10 eV에 이를 정도로 높고, 준안정상태가 없이 이온화 에너지가 15 eV로 높기 때문에 효율적인 플라즈마 상태로 만들기 위해서는 높은 입력 파워가 요구되는 까다로운 성질의 개스이나, 질화물 합성과 같이 응용적 측면에서는 연구가치가 높다. 따라서 본 연구에서는 이온화 효율이 뛰어난 헬리콘 플라즈마 방식을 이용해 질소를 플라즈마 상태로 여기시켜 그 특성을 랭뮈어 푸르브나 이온 에너지 분석기, OES등을 이용해 진단하고, 아르곤 개스를 이용한 헬리콘 플라즈마 상태와 비교 분석하였다.

### 실험방법

장치는 크게 플라즈마 발생관과 반응 챔버의 두 부분으로 나눌 수 있으며 플라즈마 발생관의 경우 5 cm 직경, 50 cm 길이의 쿼츠관으로 구성되어 축방향의 자기장과 nagoya 타입의 안테나를 통해 인가되는 rf 파워의 공명 커플링에 의해 약  $10^{13}$   $\text{cm}^{-3}$  이상의 고밀도 플라즈마를 발생시킬 수 있도록 설계하였다. 이와 같이 높은 플라즈마 밀도 영역에서는 전기적 방법으로 플라즈마 상태를 진단하기가 대단히 힘들고, 또한 증착이나 에칭공정에서는 플라즈마가 발생하는 영역과 분리되어 있는 것이 일반적이기 때문에 플라즈마 진단은 주로 플라즈마가 확산되어 나오는 반응 챔버에서 이루어졌다. 하지만 생성되어 나오는 플라즈마의 손실을 최소화 하기 위해 반응챔버

역시 8 cm 의 직경의 쿼츠로써 구성하였다. 플라즈마 밀도, 전자 온도 등의 플라즈마 특성의 측정 및 해석을 위하여 이중 랭뮴어 푸르브를 사용하였으며, 100 mesh Mo Grid로 실험실에서 제작한 이온 에너지 분석기로 이온의 에너지를 측정하였다. 또한 생성된 질소 플라즈마의 여기상태를 알아보기 위해서 OES(Optical Emission Spectroscopy)를 이용하여 분석하였다.

#### 실험결과 및 고찰

질소만으로 플라즈마를 생성시킨 경우 아르곤 개스에 비해 플라즈마 밀도는 10배 이상 줄어들며 전자온도는 3-4배 큰 상태임을 확인할 수 있었으며, 이온 에너지도 아르곤에 비해 30-40 eV 높은 것으로 측정 되었다. 축방향에 인가된 자기장의 증가에 따라 플라즈마 밀도가 선형적으로 비례하는 것을 보아 질소로 발생시킨 플라즈마가 헬리콘 모드로 여기되었음을 확인할 수 있었으며, rf 파워의 증가에 따라서도 플라즈마 밀도가 전자온도의 증가없이 증가하는 것을 관찰하였다. 또한 이온의 에너지는 안테나에 인가된 rf 파워의 증가에 따라 증가하며, 압력이 높아질수록 이온 충돌의 영향으로 이온 에너지가 감소하는 경향을 관찰하였다.

이온화 효율을 높이는 방안으로서 질소 개스에 아르곤을 혼합하여 플라즈마를 발생시켜 본 결과 아르곤의 분압이 높아질수록 플라즈마 밀도는 증가하며, 이온 에너지는 감소하는 결과를 얻었다. OES로써 플라즈마 여기상태를 관측한 결과 질소로만 플라즈마를 생성시킨 경우에 비해, 아르곤과 혼합시키면 생성되는 플라즈마 이온종은 비슷하나 검출 강도가 비교가 뚜렷할 만큼 증가하는 것으로 보아 아르곤을 섞어 질소 플라즈마를 만드는 것이 더 효율적임을 확인할 수 있었다.