

대면적 Transformer Coupled Plasma Source 에서

파워결합에 관한 실험적 연구

김희준, 손명근, 황용석

한국과학기술원 원자력공학과

반도체 공정에서 기존보다 큰 30cm 웨이퍼를 이용하기 위해서 기존의 ECR, Helicon, ICP, 등 공정용 고밀도 플라즈마 원들의 대면적화에 대한 연구가 세계적으로 진행되고 있다. 현 상황에서는 평판형 안테나를 이용한 TCP 가 대면적용 플라즈마 원의 가장 유력한 후보로 여겨지고 있다. TCP 를 대면적화 하는데 있어서 중요한 문제점으로는 대면적에서의 큰 안테나 인덕턴스로 인한 임피던스 정합과 대면적에서의 유전물질의 기계적 강도이다. 얇은 유전물질을 사용할 수 있도록 대면적 TCP 플라즈마 원을 설계 제작하였고 이차원 가열이론을 이용한 TCPRP code 를 이용하여 안테나의 반경을 결정하였다. 안테나의 인덕턴스 값을 줄이기 위해서는 주파수는 13.56MHz 보다 낮은 4-5MHz 부근에서 작동하는 RF 파워를 선택하였다. 이 파워 서플라이는 보통 사용되는 50Ω 출력 임피던스를 갖는 형태가 아니라 LC 공진현상을 이용하여 부하에 파워를 전달하는 형태이다. TCP 장치에 사용할 수 있도록 파워 서플라이 출력 단에 안테나와 직렬로 가변 콘덴서를 달아서 임피던스 정합을 할 수 있게 하였다. 안테나에 직렬로 달아줌으로써 안테나의 인덕턴스를 줄여주는 효과를 얻을 수 있다. 안테나에 흐르는 전류를 측정하기 위해서 사각형 루프로 전류 픽업 코일을 만들었고 진공상태에서 RF 파워를 인가하고 안테나의 전류와 전압을 측정하여 픽업 코일결과를 조정하였다. 발생기체로는 헬륨을 사용하였고 1-100mTorr 의 압력범위에서 실험을 하였다.

플라즈마를 발생시키고 파워를 증가 시킴에 따라 E-H mode transition 현상이 관찰되었고 그 때의 임계 전류 값을 측정하였다. 압력이 낮을수록 모드 변화가 일어나는 전류의 값이 작았다. 임계 전류는 압력에 대해서 선형적인 특성을 보였다. 이는 압력이 낮을수록 유도결합이 더 잘 된다는 것을 의미한다.

1mTorr 에서는 H-mode 에서 안테나의 전류가 파워를 증가시킴에 따라 계속 증가하였으나, 압력이 올라갈수록 조금씩 증가하는 정도가 줄어들고, 100mTorr 에서는 포화된 값을 나타냈다. H-mode 로 넘어간 후에는 파워가 증가함에 따라 안테나의 임피던스 값이 모든 압력영역에서 줄어드는 경향을 보였고, 이는 플라즈마의 인덕턴스에 의해서 안테나의 인덕턴스 가 감소되기 때문이다. 파워가 증가할수록 안테나와 플라즈마 루프사이의 상호결합이 증가하는 걸로 해석할 수 있다. 안테나의 인덕턴스 변화보다는 저항성분의 변화가 컸다. 하지만 전체 임피던스로 볼 때 저항성분이 상대적으로 작기 때문에 인덕턴스의 감소가 더 큰 영향을 미치는 걸로 볼 수 있다. 하지만 플라즈마로의 파워 전달에는 저항성분만이 영향을 미치므로 저항성분의 큰 변화는 파워가 많이 전달됨을 의미한다. 파워전달 효율을 계산해 본 결과 수 mTorr 부근이 80-90% 정도의 높은 효율을 보였고 5mTorr 일 때가 가장 좋았다.