

강자성체 코어를 갖는 변압기형 유도결합 수소 플라즈마원의 인가 전력에 따른 전기적 특성 변화

이석환¹, 전상진², 김근호¹

¹서울대학교 에너지시스템공학부, ²삼성전자 생산기술연구소

강자성체 코어를 이용한 변압기형유도결합플라즈마(TCP)원은 안테나와 플라즈마 사이의 결합효율이 높아 우수한 전력전달 효율을 갖으며, 일반적으로 400kHz의 낮은 운전 주파수를 사용하므로 긴 안테나를 사용해도 낮은 인가전압으로 운전할 수 있는 장점이 있어, 최근 반도체 공정에 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. TCP의 경우 강자성체 코어 주변에 발생하는 강력한 유도기전력을 활용하는 구조적인 제약으로 인하여 대부분의 경우 원거리에서 플라즈마를 발생시킨 후 확산현상을 통해 공정 챔버에 플라즈마를 공급하여 웨이퍼를 처리하는 방법을 사용하게 되므로, 강자성체 코어 주변에서 발생하는 플라즈마 특성이 전체 공정 챔버 내의 플라즈마 특성에 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 강자성체 코어 주변에서 발생하는 플라즈마의 전기적 특성을 기존의 일반적인 유도결합형 플라즈마(ICP)원에서 활용되던 변압기 회로 모델을 활용하여 분석하였다. 반응기 상부에 4개의 TCP 모듈이 직렬 연결된 플라즈마 소스에 수소 가스를 주입하고 400kHz의 전력을 인가하여 실험을 수행하였으며, 안테나의 전압과 전류 및 그 위상차를 측정하여 인가 전력에 따른 TCP 소스의 임피던스 변화를 구하였다. 이로부터 안테나와 플라즈마 사이의 결합 계수 및 플라즈마 밀도 등 전기적 특성을 구하였으며, 모델의 타당성을 검증하기 위해 Langmuir 탐침을 이용하여 측정한 반응기 내의 플라즈마 밀도와 회로 모델로부터 구한 플라즈마 밀도를 비교하였다. 반응기 내에서의 확산 현상을 고려하여 500 ~ 7500W의 넓은 인가 전력 범위에 대해 비교한 결과, 회로 모델을 통해 구한 플라즈마 밀도와 탐침으로 측정한 값이 서로 잘 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 안테나의 전압 전류 신호는 발생 플라즈마에 섭동을 주지 않으면서 실시간으로 측정 가능하므로, 본 연구 결과를 활용하여 분석한 실시간 플라즈마 특성 변화 결과는 APC 및 FDC 용 신호로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.