PW-P29

펄스 파워 유도결합 플라즈마 특성 연구

서상훈, 이정범, 윤주미, 유대호, 장홍영

한국과학기술원, 물리학과, 저온플라즈마 실험실

최근 반도체 공정의 난이도가 패턴 사이즈의 감소 및 다양한 물질 특성 등에 의해 증가하는 추세이다. 특히, 고밀도 플라즈마를 이용하는 공정에서는 플라즈마로 인한 다양한 결함들이 점차 이슈화되고 있는 경우들이 증가하고 있다. 웨이퍼 표면 전하 축적(charging) 결함, UV 노출 결함, 이온 충돌 결함 등이 그 예이다. 이러한 이슈들을 극복하고 공정 개선을 위한 수단으로 RF 파워를 펄스 형태로 인가하는 펄스 파워 플라즈마가 주목을 받고 있다. 본 연구에서는 450 mm용 유도결합 플라즈마 장치에서 소스 파워의 펄스 인가시 플라즈마 특성 변화가 시간 분해 측정을 통해 분석된다. 본 연구의 주된 목적은 공정 결과 최적화를 위한 펄스 파워 인가 조건 디자인을 위한 기초 데이터 확보 및 분석에 있다. 따라서, 알곤, 질소, 산소 등의 다양한 가스를 이용한 방전에서 플라즈마 특성의 변화를 관찰하였다. 플라즈마 밀도 및 전자 온도, 플라즈마 전위 등의 플라즈마 변수들은 시간 분해 랑뮈어 탐침을 이용하여 boxcar 모드 방식을 적용 측정하였으며, 이온에너지 분포는 삼중극자 질량분석기를 사용, 시간에 대한 평균된 분포를 측정 하였다. 다양한 펄스 조건(펄스 주파수, duty cycle 등) 및 공정 압력에서 측정이 이루어 졌다. 다양한 가스 및 방전 조건에 따른 플라즈마 변수들을 명확히 분석하기 위해 실시간으로 플라즈마에 가해지는 파워 및 플라즈마 임피던스를 측정하기 위해 안테나에 가해지는 RF 전압, 전류, 그리고 두 변수간의 위상차를 측정하기 위한 mixer를 기반으로 하는 회로를 구성하였다. 이 회로를 이용하여 플라즈마의 입력 파워 및 임피던스 변화를 실시간으로 측정할 수 있었으며, 이러한 데이터를 기반으로 다양한 펄스 및 방전 조건에서의 플라즈마의 실시간 변화를 설명할 수 있었다.

삼중극자 질량분석기를 이용한 이온에너지 분포의 시간 평균된 분포는 펄스의 on-time 및 off-time시의 플라즈마 전위의 변화에 따라 저주파 RF에서 보이는 이온에너지 분포와 흡사한 두 peak를 가진 분포를 전형적으로 보였다. 그러나, 펄스 주파수 및 공정 압력에 따라 peak의 폭 즉, 에너지 broadening이 크게 달라지는 것을 확인할 수 있었으며, 이러한 결과는 이온의 쉬스에서의 이동시간과 펄스의 주파수와의 관계에서 발생하는 현상으로 설명할 수 있다.