

### 이중 주파수를 사용한 펄스 유도 결합 플라즈마의 특성 연구

이승민<sup>a\*</sup>, 김정남<sup>a</sup>, 김태형<sup>a</sup>, 이철희<sup>a</sup>, 김기석<sup>a</sup>, 배정운<sup>a</sup>, 염근영<sup>a,b</sup>

<sup>a\*</sup>성균관대학교 신소재공학부(E-mail:gyyeom@skku.edu), <sup>b</sup>SKKU Advanced Institute of Nanotechnology (SAINT)

**초 록:** Plasma를 이용하는 반도체 공정에서 high density, plasma uniformity 및 electron temperature와 같은 plasma 특성을 조절하는 것은 차세대 공정 장비 개발에 있어서 매우 중요한 요소이다. 본 연구에서는 이를 위해 2개의 다른 주파수를 사용하는 spiral type의 안테나에 pulse를 적용시켜 각각 인가되는 power를 조절함으로써 plasma의 특성을 조절하고자 하였다. 또한 pulse plasma를 적용하여 다양한 duty ratio 조건에서 plasma 특성을 확인하였으며 식각 공정을 통하여 etch selectivity를 향상시키려 하였다.

#### 1. 서론

현재 전자 소자를 위한 미세 패턴 공정에 있어서 많은 경우에 plasma를 이용하여 진행하고 있으며, 소자는 점차 미세화 되어 가고 있다. 그러나 많은 전문가들이 미세화의 한계에 도달해 있다고 생각하고 있어 많은 반도체 업체 및 회사에서는 단가를 낮추기 위하여 웨이퍼 사이즈의 대구경화를 시도하고 있다. 웨이퍼 사이즈는 10년마다 두 배의 사이즈로 증가되어 왔으며, 지금까지 사용되는 300mm 웨이퍼 사이즈 역시 약 10년 정도가 되어 차세대 규격인 450mm로 넘어가려는 움직임이 활발해 지고 있다. 따라서 이러한 웨이퍼 대구경화로 인한 장비의 대형화와 함께 이에 맞는 새로운 안테나의 개발이 필요하게 되었다. 최근 pulse plasma를 이용하여 device의 quality를 향상시키려는 연구가 활발하게 진행 중이며, 이를 통하여 높은 선택비나 좋은 균일도 및 공정 중 plasma로 인한 데미지가 적은 특성을 갖는 공정을 개발 중이다.

#### 2. 본론

본 연구에서는 두 가지 방법으로 나선형 ICP 안테나에 이중 주파수를 이용하여 사용하였다. 내부 안테나에는 12턴으로 2MHz의 RF파워가 연결되었으며, 외부 안테나에는 3턴으로 13.56MHz의 RF파워를 연결하였다. 이 두 개의 파워를 이용하여 파워 condition에 따라 plasma 특성을 조절하려 하였으며, pulsed power를 13.56MHz와 2MHz에 각각 적용함으로써 13.56MHz 파워는 pulse모드로, 2MHz 파워는 연속파(continuous wave)를 사용하였다. 또한 2MHz 파워가 pulse모드로, 13.56MHz 파워는 연속파를 사용하였다. 공정 압력은 10mTorr을 유지하였으며 방전된 plasma의 특성분석을 위하여 Ar가스를 사용하였고 분석 장비로는 Langmuir probe와 home-made emissive probe를 사용하였다. Amorphous carbon layer(ACL)를 pattern 마스크로 갖는 SiO<sub>2</sub> sample을 Ar/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> 혼합가스를 이용하여 실제 식각을 진행하였으며 etch rate와 etch selectivity 결과를 얻을 수 있었다.

#### 3. 결론

Spiral type의 ICP source에 각각 다른 두 개의 주파수 파워를 인가하였으며 langmuir probe를 사용하여 plasma 특성을 분석하였다. 13.56MHz와 2MHz 모두 인가되는 power가 증가함에 따라 plasma density가 선형적으로 증가함을 보였으며, electron temperature는 반대로 감소함을 확인할 수 있었다. 또한 동일한 파워 조건 내에서 2MHz의 비율이 증가할수록 13.56MHz의 비율이 증가하는 것 보다 크게 증가함을 확인할 수 있었다. Pulsed plasma를 이용할 경우 동일한 조건에서 duty ratio를 감소시킴에 따라서 주파수와 관계없이 모두 electron temperature가 감소함을 확인할 수 있었으며, plasma uniformity가 향상됨을 확인할 수 있었다. Ar/C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> 혼합가스를 이용하여 ACL/SiO<sub>2</sub>을 etching 시 duty ratio가 감소함에 따라 SiO<sub>2</sub> etching rate는 감소하였으나, etch selectivity는 증가함을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 확인하기 위하여 optical emissive spectroscopy를 이용하여 실시간으로 변하는 ion species를 확인하였으며, duty ratio가 감소함에 따라 식각에 관여하는 F peak에 비해 polymer를 형성하는 CF<sub>x</sub> peak의 비율이 상대적으로 증가함을 확인할 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Anurag Mishra, K. N. Kim, T. H. Kim and G. Y. Yeom, Plasma Sources Sci. Technol., vol. 9 (2012).  
2. Robert F. Kemp and J. M. Sellen Jr., Rev. Sci. Instrum. vol. 37, 455 (1966).