

Temperature Monitoring of Silicon Wafer Surface Exposed to Plasma Discharge

임영대^a, 이승환^a, 유원중^a
^a성균관대학교 나노과학기술협동학부

초 록: 유도결합형 플라즈마(ICP) 식각장비 챔버 내부에서 플라즈마에 노출된 실리콘 웨이퍼의 표면 온도변화를 측정하였다. 플라즈마를 방전할 때 식각 공정변수, 예를 들어 Bias power, ICP power 증가에 따른 실리콘 웨이퍼 표면 온도가 증가하는 현상을 관찰할 수 있었으며 이를 바탕으로 식각되는 실리콘의 표면온도와 플라즈마 내 입자거동 간의 관계를 조사하였다.

1. 서론

Plasma를 이용한 silicon 식각공정은 반도체 소자를 제작하기 위한 핵심공정 중 하나이며 소자가 나노수준으로 미세화되면서 그 중요성은 더욱 커지고 있다. 현재 소자의 식각에 있어서는, 유도결합형 플라즈마 식각장비를 이용하여 기저상태의 다수 중성입자를 이온과 라디칼로 활성화시킴으로 다양한 물질을 빠른 속도로 반응시키는 기술이 보편적으로 사용되고 있다. 이러한 식각 장비 안에서 플라즈마에 노출된 실리콘 웨이퍼는 다양한 공정 변수에 의해 식각결과가 달라지는데 대표적으로 하부 Bias power, 상부 ICP power, 공정압력, 웨이퍼 냉각온도 등이다. 이러한 상황에서 플라즈마에 노출된 실리콘 웨이퍼의 표면 온도는 식각공정 결과와 매우 밀접한 관계를 가지며, 또한 식각 공정변수에 따라 표면온도도 민감하게 영향을 받는다. 본 연구에서는 플라즈마에 노출된 실리콘 웨이퍼의 온도변화를 실시간 측정, 분석함으로써 실리콘 식각에 대한 플라즈마 내 이온 및 라디칼 등 활성종들의 역할 및 메커니즘을 연구하였다.

2. 본론

Fig. 1은 온도측정을 위한 실험방법을 모식적으로 보여주고 있다. Air-vacuum 간 feed-through에 연결된 thermocouple의 끝부분을 실리콘 웨이퍼 표면에 부착하였다. Thermocouple은 A 부분만 온도를 감지할 수 있으며 그 크기는 약 450um이고 Al-Ni으로 만들어졌다. Si과 Al의 thermal conductivity는 149W/mK와 237W/mK 으로 차이가 크지만 고온 환경(hot-plate)에 있는 두 물질의 전체적인 온도상승은 거의 동일함을 실험을 통해 확인할 수 있었고 (Fig. 2) 이를 바탕으로 thermocouple의 A 부분이 실리콘 웨이퍼 온도를 대변할 수 있음을 확인하였다.

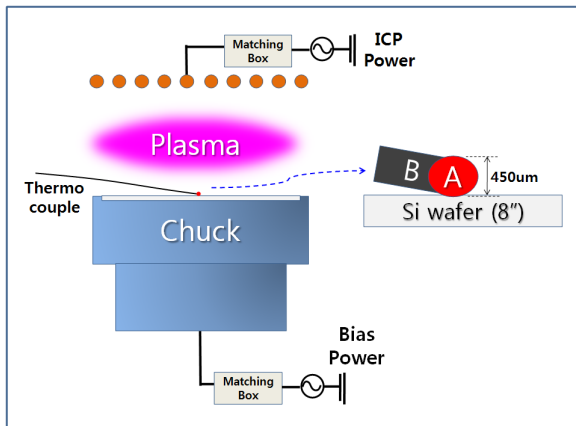


Fig. 1. 실험 방법

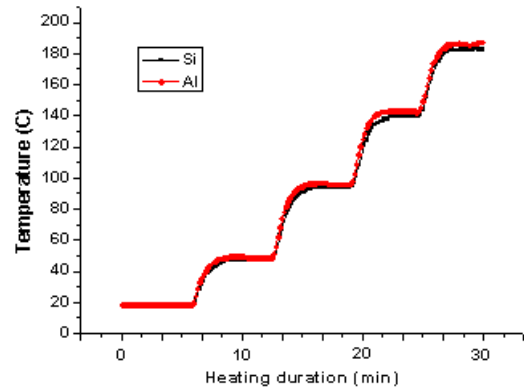


Fig. 2. 고온 환경에서 Al과 Si의 단계적인 온도상승 비교

Ar plasma에서 Bias power가 30W에서 240W로 상승할 경우 Si wafer의 표면 온도 또한 상승함을 확인할 수 있었으며, ICP power 역시 75W에서 600W까지 상승할 때 Bias power에 비해 속도는 느려도 표면 온도가 상승함을 확인할 수 있었다. 이러한 현상은 플라즈마 내 활성종 중 하나인 양이온이 기판(chuck)에 인가된 음전압으로 인하여 실리콘 표면에서 발생하는 이온포격에 의한 운동에너지 전달을 통해 온도가 상승하는 것으로 해석할 수 있다.

3. 결론

플라즈마에 노출된 실리콘 웨이퍼 표면온도는 여러 식각 공정변수에 따라 달라지며 이를 토대로 플라즈마 내 활성종들의 역할을 해석할 수 있었다. 특히 Bias power의 변화에 따른 민감한 온도 상승 효과를 확인할 수 있었으며 이를 통하여 양이온이 웨이퍼 표면의 온도상승을 이루는 주입자임을 확인하였다.

참고문헌

1. Y. D. Lim, S. H. Lee, and W. J. Yoo, J. Korean Phys. Soc. 52, 616 (2009).
2. M. Boufnichel, S. Aachboun, F. Grangeon, P. Lefauchaux, and P. Ranson, J. Vac. Sci. Technol. B 20, 1508 (2002).