

Diagnostics of Pulsating Plasma Etching Process Using Langmuir Probe Measurement and Optical Emission Spectroscopy

이승환^{a*}, 임영대^a, 유원종^{a,b}
정오진^c, 김상철^c, 이한춘^c

^{a*}성균관대학교 성균나노과학기술원, ^b성균관대학교 기계공학부, ^c동부하이텍, 공정개발팀

초 록: 3차원 반도체 패키징에서 관통전극 Through Silicon Via (TSV) 를 형성하기 위하여 이온과 래디컬의 활성도 조절이 가능한 pulsating inductively coupled plasma (ICP) 식각을 수행하였다. 본 식각공정에서는 펄스 주파수(50~500Hz)와 듀티 사이클(20~99%)을 조절하여, 플라즈마 내 이온과 래디컬들의 활성도 변화를 발생시켰다. 플라즈마 공정변수에 따라 식각형태가 달라짐을 S.E.M을 이용하여 확인했으며, 이온(SF_x⁺, O⁺)과 래디컬(SF_x^{*}, F^{*}, O^{*})의 농도 및 활성도 변화를 측정하기 위하여 광학적 기술인 optical emission spectroscopy와 전기적 특성 측정 기술인 Langmuir probe 시스템을 직접 제작 설치하여 펄스플라즈마를 진단하였다.

1. 서론

반도체 패키징 관통전극을 담당하는 Through Silicon Via (TSV) 형성 공정에서, 플라즈마 식각공정은 공정변수(ICP상부 파워, Platen 하부파워, 가스량, 공정압력 등)에 따라 식각형태가 달리 나타나며, 그 중에서도 소자공정의 큰 문제점으로 알려져 있는 undercut과 local-bowling을 줄이는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 Pulsating RF bias가 장착된 유도결합형 플라즈마 장비를 적용하여 이온과 래디컬 활성도를 조절하여 식각 손상을 최소화 하고, optical & electrical 플라즈마 진단을 통하여 플라즈마 내에서 발생하는 물리화학적 반응을 조사해서 플라즈마 상태에 대한 정보를 얻음으로써, 최적화된 이방성 에칭프로파일 형성이 가능한 공정 조건을 도출하고자 한다.

2. 본론

본 연구에서는 Inductively Coupled Plasma Etcher 장비에, 하부 RF bias 앞단에 펄스발생기를 연결하였다. 따라서, 일반 연속 ICP장비와 다른 특성을 보이는 플라즈마, 즉 이온(SF_x⁺, O⁺)과 래디컬(SF_x^{*}, F^{*}, O^{*})의 농도와 활성도 변화 특성을 얻을 수 있었다. 특히, Pulsating 플라즈마를 실시간으로 광학적, 전기적 특성을 진단하기 위하여, 챔버에 optical emission spectroscopy (OES) 및 자체 제작한 Langmuir probe를 사용하였으며, 에칭결과를 평가하기 위해 scanning electron microscope (SEM) 분석을 수행하였다. 실험조건 변수인 에칭 가스로서는 SF₆와 O₂를 사용하였으며, 압력은 30mTorr를 유지하였다. 전체적인 실험장비개요 및 실험결과를 Fig. 1에 나타나 있다.

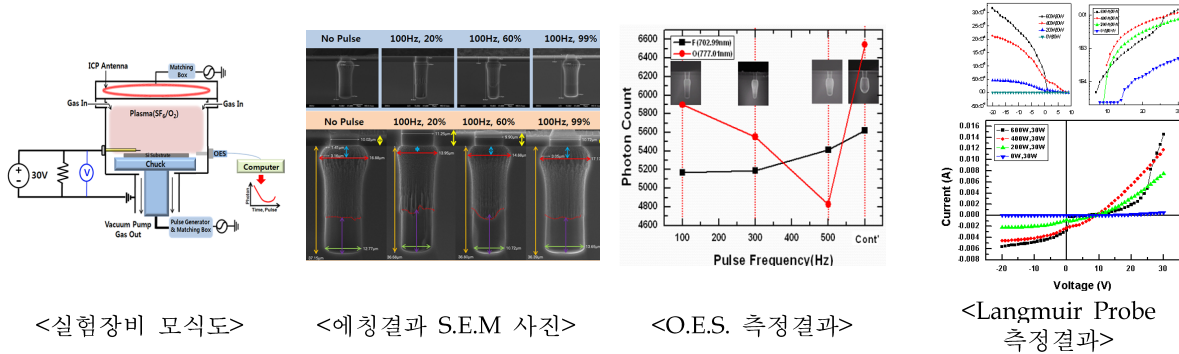


Fig. 1. 실험장비 개요 및 에칭실험결과

3. 결론

Pulsating ICP를 이용하여, 플라즈마 식각공정에 지배적인 영향을 주는 이온(SF_x⁺, O⁺)과 래디컬(SF_x^{*}, F^{*}, O^{*})의 농도 및 활성도 조절을 가능하게 하였으며, 종횡비(aspect ratio)가 높은 이방성 관통실리콘비어구조(T.S.V.)를 형성하는데 효과가 있었다. 플라즈마를 평가할 수 있는 방법으로서 O.E.S.와 Langmuir probe 진단법을 이용하여 에칭프로파일 개선에 있어서 pulsating plasma 효과를 증명하였다.

참고문헌

1. S. Samukawa, Appl. Phys. Lett. v 64, n 25, p 3398 (1994).
2. K. W. Kok, W. J. Yoo, K. Sooriakumar and P. J. Sheng, J. Vac. Sci. Technol. B, v 20, n 5, p 1878-1883 (2002).
3. S.-B. Wang and A. E. Wendt, J. Appl. Phys., v 88, n 2, p (2000).
4. X. Li, M. Schaepkens, G.-S. Oehrelein, R.-E. Ellefson, N. Mueller, J. Vac. Sci. Technol. A, v 17, n 5, p (1999).