

Pulse Inductively Coupled Plasma를 이용한 Through Silicon Via (TSV) 형성 연구

이승환^{1*}, 임영대¹, 유원중¹
 (1*) 성균관대학교, 성균나노과학기술원

정오진², 김상철², 이한춘²
 (2) 동부하이텍, 공정개발팀

초 록: 3차원 패키징 System In Package (SIP)구조에서 Chip to Chip 단위 Interconnection 역할을 하는 Through Silicon Via(TSV)를 형성하기 위하여 Pulsating RF bias가 장착된 Inductively Coupled Plasma Etcher 장비를 이용하였다. 이 Pulsating 플라즈마 공정 방법은 주기적인 펄스(50~500Hz)와 듀티(20~99%) cycle 조절이 가능하며, 플라즈마 에칭특성에 영향을 주는 플라즈마 발생On/Off타임을 조절할 수 있다. 예를 들면, 플라즈마 발생 Off일 경우에는 이온(SF_x⁺, O⁺)과 래디컬(SF_x^{*}, F^{*}, O^{*})의 농도 및 활성도를 급격하게 줄이는 효과를 얻을 수가 있는데 이러한 효과는 식각 에칭시, 이온폭격의 손상을 급격하게 줄일 수 있으며 실리콘 표면과 래디컬의 화학적 반응을 조절하여 에칭 측벽 식각 보호막(SiOxFy : Silicon- Oxy- Fluoride)을 형성하는데 영향을 미친다 그리고, TSV 형성에 있어서 큰 문제점으로 지적되고 있는 언더컷과 수평에칭(Horizontal etching)을 개선하기 위한 방법으로 Black-Si phenomenon을 이번 실험에 적용하였다 이 Black-Si phenomenon은 Bare Si 샘플을 이용하여, 언더컷(Undercut) 및 수평 에칭(Horizontal etching)이 최소화 되는 공정 조건을 간편하게 평가 할 수 있는 방법으로써 에칭 조건 및 비율을 최적화하는 데 효율적이었다 결과적으로, Pulsating RF bias가 장착된 Inductively Coupled Plasma Etcher 장비를 이용한 에칭실험은 펄스 주파수(50~500Hz)와 듀티(20~99%) cycle 조절이 가능하며, 이온(SF_x⁺, O⁺)과 래디컬(SF_x^{*}, F^{*}, O^{*})의 농도와 활성화를 조절 하는데 효과적이었으며 Through Silicon Via (TSV)를 형성 하는데 있어서 Black-Si phenomenon 적용은 기존의 Continuous 플라즈마 식각 결과보다 향상된 에칭 조건 및 에칭 프로파일 결과 얻는데 효과적이었다.

1. 서론

현재 고집적화, 고성능화를 원하는 디지털시장의 요구를 만족시키기 위하여반도체 업계에서는 초미세화 패턴 공정 기술을 개발하고 있다 특히, 노광 기술 발전으로 인한 초미세화 공정기술의 발전 속도가32nm 공정을 경계로 급격하게 둔화되고 있는 상황을 극복하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며,그중에서도 기존의 스케일을 유지한 채 고집적화 고성능화가 가능한 3차원 적층 공정기술인 Through Silicon Via (TSV) 형성 기술개발이 센서와 메모리 소자분야에서 각광받고 있다

본 연구에서는 플라즈마 에칭을 이용한Through Silicon Via (TSV) 전극 형성의 단점인 언더컷과 보잉효과를 Pulsating RF bias가 장착된 유도결합형 플라즈마 실험에Black-Si phenomenon을 적용하여, 에칭프로파일의 향상을 도모하고자 한다

2. 본론

Pulsating RF bias가 장착된 Inductively Coupled Plasma Etcher장비를 이용하였으며, 식각장비 하부 RF bias 앞단에 펄스발생기가 연결이 되어 기존의ICP장비와 다른 플라즈마 특성을 얻을 수 있었다특히, 라디오(Radio) 고주파수의 전력을 펄스(50~500Hz)와 듀티(20~99%) cycle로 조절함으로써, 주기적인 플라즈마 생성 및 이온(SF_x⁺, O⁺)과 래디컬(SF_x^{*}, F^{*}, O^{*})의 농도와 활성도를 변화시킬 수 있었으며 이러한 효과는 이온 폭격의 손상의 감소와 실리콘 표면과 래디컬의 화학적 반응을 조절하여 측벽 식각 억제(SiOxFy : Silicon-Oxy- Fluoride)을 형성시키는데 있어서 향상된 결과를 가져왔다 플라즈마 진단과 에칭가스의 농도 변화를 실시간으로 관찰하기 위하여 챔버에 Optical-Emission-Spectroscopy(OES)를 설치하였으며, 추가적으로 에칭 결과를 평가하기 위해 Scanning Electron Microscope(SEM)과 에칭 샘플 표면의 화학적 결합을 평가하기 위해 X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) 분석을 수행하였다. 실험조건 변수인 에칭 가스는 SF₆와 O₂를 사용하였으며, 압력은 15mTorr를 유지하였다. 특히, 가스 비율 및 펄스와 듀티에 따른Black-Si phenomenon의 측벽 식각 보호막 (SiOxFy : Silicon- Oxy- Fluoride)조건과 펄스, 듀티 비율에 따른 에칭 결과를 분석 고찰하였다. 전체적인 실험장비 및 실험 결과를 보이는 흐름이 표1에 나타나 있다.

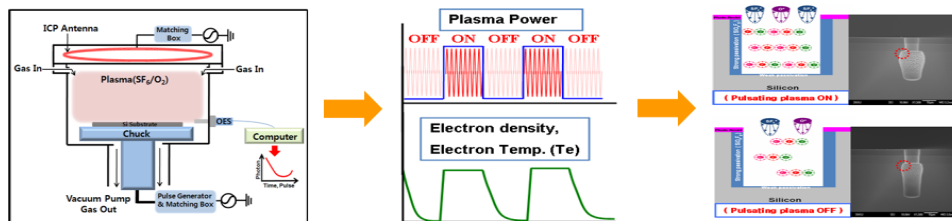


표1. 실험장비 개요 및 실험 흐름도

3. 결론

본 연구에서는, System In Package (SIP)구조에 적용되는 Through Silicon Via(TSV)형성에 있어서 Pulse Inductively Coupled Plasma Etcher를 이용하여, 펄스와 듀티 조절이 가능하였다 펄스 플라즈마는 이온(SF_x⁺, O⁺)과 래디컬(SF_x^{*}, F^{*}, O^{*})의 농도및 활성도 조절을 가능하게 하였으며 에칭 측벽의 손상을 줄이는데 효과적이었다. 특히, 측벽 식각 억제막 (SiOxFy : Silicon Oxy Fluoride)의 활성도를 간단하게 평가할 수 있는 방법으로 적용한Black-Si phenomenon은 기존 Continuous 플라즈마 조건보다Pulsating 플라즈마 조건에서 생성하는 방법이 더욱 효과적이며 결과적으로 Through Silicon Via (TSV)형성에 있어서 개선된 에칭 프로파일을 얻을 수 있었다

참고문헌

[1] S. Samukawa, Appl Phys Letters, v 64, n 25, 20 June 1994, p 3398-400
 [2] K.W. Kok, W.J. Yoo, K. Sooriakumar. P. J. Sheng, J. Vac. Sci. Technol. B, v 20, n 5, 2002, p 1878-1883