

TSV (Through Silicon Via)plasma etching technology for 3D IC

정대진, 김두영, 이내웅
 성균관대학교, 신소재공학과

초 록

Through silicon via (TSV)는 향후3D integration devices (CMOS image sensors) 와 보다 더 직접화되고 진보된 memory stack에 기여 할 것이다. 이는 한층 더 진보된 microprocessors system 을 구축 하리라 본다. 해서 본문은 TSV plasma etching processing 소개와 특히 Bosch process에 대한 개선 방법을 제시하고자 한다

1. 서 론

반도체의 integrated circuits 축소는 (By Moore's Law) 반도체 산업에서 비용 절감과 더불어 향후에도 끊임없이 반도체 산업의 근간적인 핵심적 논쟁이 될 것이다. TSV를 통한 2D에서 3D stacking 으로의 관심은 이러한 핵심적 논쟁에서 향후 반도체 산업에서 목과 할 수 없는 하나의 핵심적 과제로 부각됐기 때문이다. Interconnection 의 축소는 이를 대변하는 하나의 factor 된 것이다. 해서 본문은 이러한 3D IC를 위한 TSV plasma etching 의 소개와 각각의 process 의 장,단점과 이에 대한 개선 방안 특히 Bosch process에 대해 논의를 하고자 한다

2. 본 론

반도체 산업에서 TSV를 plasma etching 으로 눈을 돌리는 이유 중에 하나는 기존 laser의 사용이 integrated circuits 의 축소로 Via 를 형성하는데 한계에 왔으며 device 상에 많은 Vias의 형성으로 비용적인 면을 무시 할 수 없게 되었기 때문이다. 또 하나는 깨끗한 공정의 진행이 어렵고 depth etch 또한 한계가 있기 때문이다 (Drill < 20um). 만일 Laser로 deep via 을 형성하고자 할 경우 Si Debris, Side wall bowing, poor accuracy를 보이기 때문이다, 해서 plasma etching 예의 deep silicon via process (60 to 400um) 와 CD (20-90um) 의 운용이 plasma etching 서의 장점이 된 것이다 다음은 Plasma etching 통한 TSV를 소개 하고자 한다.

TSV 공정에서 DRIE non-Bosch process 와 Bosch process 에 대한 서로의 장점과 단점을 고찰하고 그리고 특히 Bosch process 의 개선 방향에 대해 고찰 하고자 한다.

Type	장점	단점	개선 방안
Non-Bosch process	-High etch rate -Short process time -Profile control (Taperprofile 가능)	-Severe undercut on the active layer	-Defined gas ratio SO2/O2
Bosch process	-Low under cut -High selectivity	-Lower etch rate -Scalloping	<u>Reducing</u> <u>Scalloping</u>

-Better uniformity - Better profile -Etching silicon with excellent anisotropy	(Stepwise profile formation - Profile control	- Add Ar gas -Reducing cycling time (Anisotropy etching by repeated Dept & Etch step) <u>Profile control</u> - Ar gas effect
--	---	--

Bosch process경우 (그림1,2)high selectivity, excellent profile under cut issue에 대해 장점이 있지만

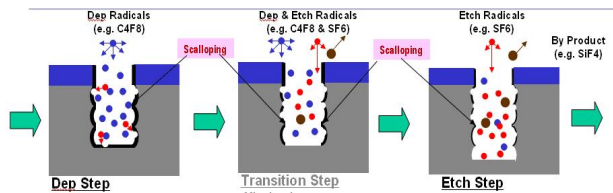


그림1) Bosch process 예 RAP (Rapid Alternating process)

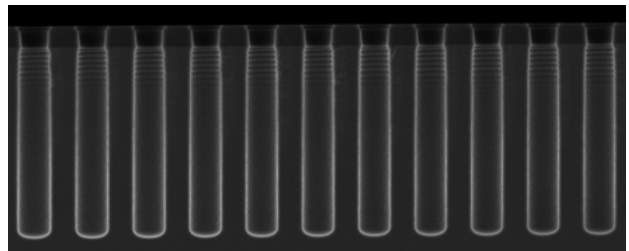


그림2) Bosch process - high selectivity, excellent profile

Dept 과 Etch step의 반복적인 cycling processing으로 말미암아 Scalloping (Stepwise profile formation) 현상이 발생 한다 이는 향후 도금 공정에서 void 문제점으로 나타날 수 있어 scalloping줄이기 위한 방향으로 power, gas 의 영향보다 Dept 과 Etch의 process time의 조정으로 Scalloping 의 형상을 보았다 (그림3,4) 에서 와 같이 dept 과 etch 과정중dept , etch process time이 감소 되면 Scalloping이 줄어 드는것을 알 수 있다

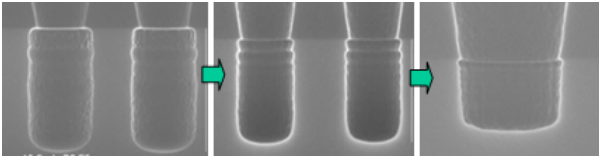


그림 3) Scalloping reduced by decreasing dept /etch time ration

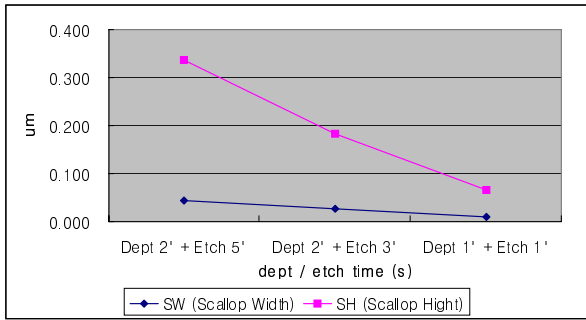


그림 4) SW (scallop width), SH(Scallop Height) comparison as dept /etch time changing

또한 Bosch process는 상대적으로 Non-Bosch process 비해 profile control 이 힘들다 이는 Bosch process 특징인 Dept 과 Etch step의 반복적인 processing에 기인 된다고 볼수있는데 이는 향후 도금 공정 과정에서 Re-entrant profile 에서 void 문제의 원인이 될 수도 있다 만일 Taper profile을 얻을 수 있다면 이러한 문제점에 대응이 되리라 본다 Ar gas가profile에 영향을 미치고 도움이 되는지를 실험하였다.Ar gas 의 mixing은 number of reactions의 양을 증가 시켜 결국에는 Fluorine atom의 density를 증가시킨다 (그림 5) 와 같이 Ar gas의 increase는 bottom CD 를 줄이는 결과를 보여준다. 다시 말하면 deposition rate of the passivation layer의 증가를 의미 또는 passivation layer의 removal rate의 감소를 나타낸다. 이것은 Ar gas 특성상 sidewall film에 대한 sputtering 의 효과가 bottom 보다 훨씬 적기 때문이다 그러므로 sidewall의 thickness control이 가능하다고 볼 수 있다

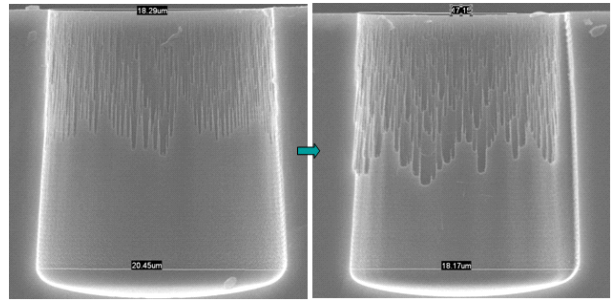
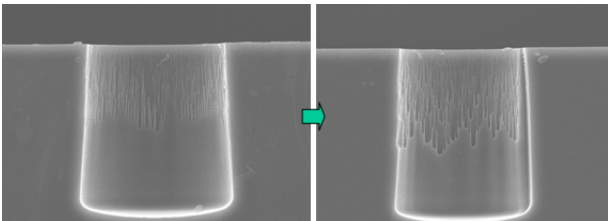


그림 5) Re-entrant profile reduced by Ar gas effect (Bottom CD decreased)

4.결 론

TSV 공정에 널리 쓰이고 Bosch process 의 특성에 대한 고찰과 향후 도금 과정에서 문제를 야기 시킬 수 있는 void 문제의 해결 방법으로 Scalloping 을 줄이고 Taper profile을 구현하려고 하였다 Profile control에 있어 Ar gas 의 영향을 보았지만 향후Taper profile의 구현을 위해 Dept 과 Etch 사이에서 pressure control관점 (Etch : low pressure , Dept: High pressure)에서 더 많은 고찰이 요구 되며 Scalloping 또한 다른 관점 (Gases ratio, temperature, Pressure)에서 이에 대한 영향력을 봐야 한다

참고 문헌

- [1] S.-B.Jo, M-W.Lee, S.G. Lee,E.-H. Lee, S.-G. Park, and B-H.O Characterization of a modified Bosch-type process for silicon mold fabrication, (27 June 2005)
- [2] CathelineB. Labelle, Vincent M. Donnelly, Gregory R. Bogart, Robert L. Opila, and Avi Kombit Investigation of fluorocarbon plasma deposition from c-C4F8 for uos as passivation during deep silicon etching (1 November 2004)
- [3] Siddhartha Panda, Richard Wise, Aelan Mosden, Kenro Sugiyama, Joseph Camilleri Effer of rare gas addition on deep trench silicon etch (26 June 2004).