

Via Liner 형성 메커니즘 및 Filling 특성 연구

Via Liner Mechanism and Filling Properties

*김동표, #백규하, 박건식, 함용현, 김진식, 김주연, 이봉국, 정예슬, 박지만, 강진영, 도이미

*D. P. Kim, #K. H. Baek(khbaek@etri.re.kr), K. S. Park, Y. H. Ham, J. S. Kim, J. Y. Kim, B. K. Lee,

Y. S. Jung, J. M. Park, J. Y. Kang, L. M. Do

한국전자통신연구원 RFID/USN 소자팀

Key words : TSV, High aspect ratio, Ag nano ink, Via liner

1. 서론

최근 스마트폰과 태블릿 PC의 급격한 보급과 더불어 휴대용 기기 업체들은 기기의 두께를 줄이고, 배터리의 사용시간을 증가시키고, 대용량의 데이터를 처리할 수 있는 기기 개발을 위한 경쟁이 치열하며, 이러한 요구를 충족시킬 수 있는 소자 개발에 대한 요구가 더욱 증가하고 있다. TSV (through silicon via)를 이용하면, 작은 면적에 다층의 메모리 소자를 적층하고, 금속 배선의 길이를 줄여 RC 지연시간을 감소시켜 동작속도를 빠르게 하며, 전력을 저감할 수 있으므로, TSV 3D package에 대한 연구가 활발하게 진행되어 오고 있다 [1]. 그 결과 3D package의 단위 공정 요소와 장비에 대한 기술은 성숙단계로 접어들고 있으나, 비용 절감과 수율 향상 및 3D package 소자를 평가할 수 있는 기술 시작 단계에 있다.

그러므로, 본 논문에서는 공정이 단순한 paste printing 기술을 이용하여 via 내부에 liner를 형성하는 메커니즘에 관하여 고찰하였다. Via sample은 Si 기판을 deep etch하는 Bosch DRIE 공정, Step coverage가 우수한 SiO₂ 절연층을 형성하는 SACVD oxidation 공정, Ag 확산 방지를 위하여 Ti Sputtering 공정을 수행하여 제작하였다. Liner 형성 과정을 규명하기 위하여 wt%에 따른 Ag 두께를 계산하였으며, 20wt%와 80 wt%의 Ag nano paste를 이용하여 liner를 형성하고, liner의 단면을 FE-SEM을 이용하여 관찰하였다.

2. 실험방법

고종횡비 Via는 DRIE, SACVD와 sputtering 공정을 이용하여 제작하였다. DRIE 식각 공정을 위한 식각 mask는 2 um LTO 박막을 사용하였으며,

Lithography와 RIE 공정을 이용하여 2.5~10 um의 hole 패턴을 형성하였다. 약 30분 동안 Bosch DRIE 식각 공정을 수행하여 deep Si Via를 형성하였으며, 이때 종횡비는 약 7:1 ~15:1 범위에 있었다. SACVD 공정을 이용하여 step coverage가 우수한 절연층을 형성하였으며, LTO mask를 wet etching을 이용하여 제거한 후 약 200 nm의 SiO₂ 절연층을 SACVD를 이용하여 형성하였다. 또한 Ag 금속이 SiO₂을 투과하여 Si 내부로 확산되는 것을 방지하기 위하여 sputtering 방법으로 100 nm Ti 박막을 형성하였다. 이 Ti 박막은 또한 Ag nano paste와 절연층의 접착력을 향상시키는 역할을 할 수 있다.

Via filling 공정은 Ag nano paste를 print하고, 진공분에서 via 내부의 기포를 탈포하고, TSV 상부에 존재하는 Ag nano paste를 squeeze하여 제거한 후 열처리를 공정을 수행하였다. 이때 Ag 질량비가 20wt%와 10 nm Ag nano 입자를 가지는 Ag nano paste와 Ag 질량비가 80 wt%와 100 nm Ag nano 입자를 가지는 Ag nano paste를 사용하였다. 열처리 공정 후 FE-SEM 관찰을 통하여 via 내부에 형성된 liner의 형상과 두께를 관찰하였다.

3. 결과 및 토론

참고문헌 [3]에서 발표된바와 같이, Ag paste를 사용하는 경우 최종 두께는 Ag의 wt%보다 Ag의 vol%에 의하여 결정된다. 만약 Ag 질량비가 80wt% 일 때, Ag의 밀도를 고려하면 Ag의 부피비는 약 23.7 vol%가 된다. 그러므로 10 um via hole의 경우, 체적은 6361.7 um³ 이므로, via에 모두 채워진 Ag paste 부피 또한 6361.7 um³이 될 것이다. 최종 열처리 후 Ag vol%에 해당하는 Ag가, 즉 23.75 vol%만 via 내부에 남게 될 것으로 예측된다. 그러

므로, via 내부에 균일한 두께로 liner를 형성한다면, 그 두께는 약 0.69 μm 가 될 것이다.

그림 1은 10 μm via를 80 wt%의 Ag paste를 이용하여 채운 단면의 사진을 나타내고 있다. 그림 2에서와 같이 via 내부에 균일한 두께로 Ag paste가 형성된 것이 확인 되었으며, 이때의 두께가 약 1.17 μm 이었다. 이는 앞에서 계산한 값보다 약 0.55 μm 두꺼운데, 이는 nano pore와 via 내부에 채워진 paste의 양이 많았기 때문으로 사료된다.

그림 2는 5 μm via를 20 wt%와 80 wt%의 Ag paste를 이용하여 채운 단면 사진을 나타내고 있다. 5 μm via 내부에 liner가 형성된 것이 관찰 되었으며, wt%가 적은 경우, 두께도 얇게 형성되었다.

Via liner를 형성하는 메커니즘을 그림 3에서 설명하고 있다. Hot plate를 이용한 열처리 과정에서 Ag nano 입자들의 낮은 부피비(즉, 농도가 낮아서 Ag 입자간의 거리가 길 경우)와 불균일한 용매의 증발에 의하여 Ag nano 입자들이 via의 중심부에서 vi의 측벽 가장자리 방향으로 움직이게 되는 커피링 효과와 대류 현상에 발생하게 된다. 그러므로, via의 측벽에서 Ag nano 입자들이 흡착되고, 확산되면서 얇은 Ag층이 형성되게 된다.

4. 결론

Ag nano particle의 질량비가 80wt %일 때, Ag의 부피비는 약 23.7%가 되므로, 10 μm 의 Via의 경우 Via 내부 liner의 두께가 약 ## μm 일 것으로 예측하였으나, 실험에서는 liner의 두께가 약 1.17 μm 이었다. Ag이는 Ag nano particle 사이에 존재하는 nano pore에 기인하는 것으로 판단된다. Ag 잔류막 두께는 Ag wt%가 적을수록 얇게 형성되었다.

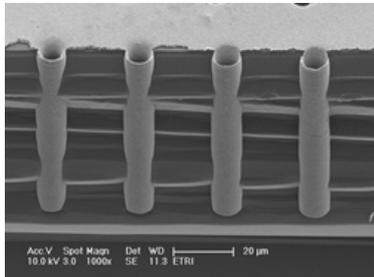
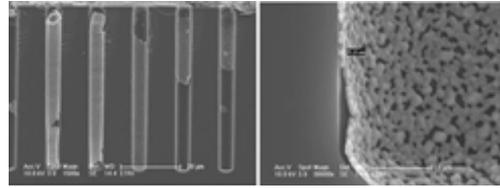
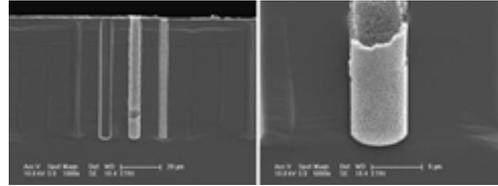


Fig. 1 FE-SEM image of liner for 10 μm TSV.



(a) Ag 20 wt%



(b) Ag 80wt%

Fig. 2 SEM image of liner for 5 μm TSV.

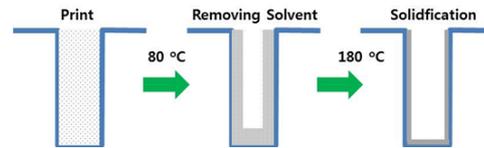


Fig. 3 Mechanism of Via Liner.

후기

본 연구는 지식경제부, 산업기술연구회의 협동 연구사업 일환인 "차세대 반도체 MCP 핵심기술 개발 사업(과제번호: B551179-08-05-00)"과 "나노잉크를 이용한 박막형 슈퍼캐패시터 연속 생산공정 및 시스템 개발(과제번호:B551179-10-01-00)"의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Ramm, P., Klumpp, A., Wever, J., Lietaer, N., Taklo, M., Raedt, W. D., Fritsch, T., Couderc, P., "3D Integration Technology: Status and Application Development", , 2010 Proceedings of the ESSCIRC, 9-16, 2010.
2. Motoyoshi, M., "Through-Silicon Via (TSV)", Proceedings of the IEEE , 43-48,2009.
3. 양시영, "Paste의 박막 건조과정에 관한 연구", 대한기계학회 2005년도 춘계학술대회 논문집, 2027, 2005.