나노 Ag 금속을 이용한 고종횡비 TSV Filling 공정 변수에 관한 연구

Study on the filling process parameters for the high aspect ratio TSV using Ag nano metal particles

*김동표, #백규하, 박건식, 함용현, 우종창, 김진식, 김주연, 정예슬, 박지만, 도이미
*D. P. Kim, #K. H. Baek(hkbaek@etri.re.kr), K. S. Park, Y. H. Ham, J. C. Woo, J. S. Kim, J. Y. Kim, Y. S. Jung, J. M. Park, L. M. Do
한국전자통신연구원 RFID/USN 소자팀

Key words : TSV, High aspect ratio, Ag, Nano particle

1. 서론

Feature 크기가 30 nm이하가 되면서, 외부 회로와 연결되는 배선의 길이가 증가하여 소자 동작 속도가 느려지고 소비전력이 증가하데 된다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 소자를 수직으로 적층하는 3차원 적층패키지 기법이 시도되었다. 3차원 적층패키지 기법 중 기판을 직접 관통하는 관통형 실리콘 비아 (Through Silicon Via: TSV)에 대한 연구가 활발하게 진행되어, 단위 공정 기술은 상용화 단계에 접어들었으나, 아직까지 양산 시간이 길고, 비용이 비싸다는 문제점을 극복하여야 한다. 양산시간 단축과 비용절감을 위하여 해결하여야 할 과제는 Via filling과 Bonding 및 Thin wafer handling 기술이다. 특히 Cu 전해도금의 경우 100㎛ 깊이와 10:1 이상의 고종횡비 비아을 채우기 위하여서는 24시간 이상의 긴 공정 시간이 요구된다.[1-2] 그러므로 Filling 공정 시간이 짧고, 단순하며, 비용이 저렴한 Paste printing 기법에 대안으로 제시 되었다. 그러나 마이크로 입자의 paste를 사용하는 경우, 비저항이 크고, 열처리 온도가 높은 단점을 가지고 있다.[3] 따라서 비저항이 낮고, 열처리 온도가 200℃이하인 Ag 나노 paste를 이용하여 상기의 문제를 해결하고자 한다.

본 연구에서 고종횡비의 TSV를 금속으로 채우기 위하여 100 nm 크기를 가지는 Ag paste를 대기압에서 프린트 하였으며, 진공 공정을 이용하여 TSV 내부의 기포를 제거 하는 공정을 거친뒤 TSV 내부를 Ag 금속으로 채웠다, Ag 금속이 채워진 정도를 SEM (scanning electron microscope)를 이용하여 관찰하였다.

2. 실험방법

본 실험을 위하여 Si 기판 식각용 마스크는 2 um LTO (low thermal oxide)를 성장하였고, 사진식각 공정을 이용하여 5~10 um 크기의 하드마스크를 제작하였고, 고종횡비 TSV 형성을 위하여 DRIE 식각 장치와 Bosch 공정을 이용하여 Si 기판을 식각되었다. 식각 가스로는 SF6/O2 가스가 사용되었고, 식각방지층 가스로는 C4F8 가스가 사용되었다. 식각과 식각 방지층 형성 공정을 반복적으로 60분 동안 수행하였다. SACVD 산화막 공정을 이용하여 conformal한 절연층을 형성 하였다.

금속 입자의 크기가 작아지면, curing 온도가 낮아지며, 또한 낮은 전기비저항을 얻을 수 있기 때문에 TSV 내부는 100 nm Ag 입자를 가지는 Ag paste를 이용하여 채웠다. 2×2 cm^2 sample 위에 200 um 두께의 금속마스크를 사용하여 프리팅 기법으로 Ag paste를 도포 한 후, TSV 내부의 공기를 제거하기 위한 Degassing 공정을 수행하였다. 1차 80℃에서 열처리하여 Ag paste 내부의 용매를 제거하고, 전기적 특성을 얻기 위하여 180℃에서 2분 동안 열처리하였다. 본 실험에서는 실리콘 wt%, 진공/퍼지 속도와 Degassing 시간이 TSV Filling에 미치는 영향을 고찰하였다. TSV 내부에 Ag 금속이 채워지는 정도는 TSV 시료 지름의 중심을 절단하고, 그 단면을 FE-SEM을 이용하여 관찰하였다.

3. 결과 및 토론

그림 1은 Ag wt%가 20%일 때, Ag 금속이 TSV 내부에 채워진 단면을 나타내고 있다. 그림 1에서와 같이 Ag 금속과 바인더가 TSV 측벽에만 매우

얇게 증착되어 있는 것이 관찰 되었다. 이는 Ag 농도가 낮고, 유기 용매의 농도가 높기 때문에 Ag 금속이 TSV 내부를 모두 채워진 후 용매가 증발하고, Ag 금속만 측벽에 남게 된 것이다.

그림 2(a)는 Ag paste를 프린팅 한 후, 진공과 퍼지 속도를 ±0.5 bar/min으로 빠르게 한 후 TSV 내부에 Ag 금속이 채워진 단면 사진이다. 그림 2에서도 Ag 금속이 측벽에 증착 된 것이 관찰 되었다. 이는 Ag paste가 상부에 도포된 후, N2의 공급을 빠르게 하여 줌으로써 TSV 비아홀 안으로 Ag paste가 밀려가게 되고, 내부의 공기는 빠져나가게 된다. 그리고 열처리 과정에서 TSV 비아홀 측벽으로 Ag 금속과 바인더가 붙게 됨으로써 위와 같은 결과를 얻은 것으로 사료된다. 그림 2(b)는 늦은 진공과 퍼지 속도와 Degassing 공정 시간을 24시간 수행한 후의 TSV 내부에 Ag 금속이 채워진 단면을 나타내고 있다. Degassing 시간을 충분하게 줌으로써 비아홀 내부의 기포를 제거 할 수 있었으나, 용매가 모두 제거 됨에 따라서 180℃에서 열처리를 하여도 Ag 입자들이 서로 연결되지 않고 따로 남아 있게 되었다. 그러므로 Degassing 시간을 적절히 제어함으로써 Ag 입자들이 서로 결합을 할 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 DRIE를 이용하여 10:1의 고종횡비를 가지는 TSV를 형성하고, TSV 내부를 채우기 위하여 공정변수에 따른 영향을 살펴보았다. 진공/퍼지 속도가 빠른 경우 TSV 내부가 채워지지 않고, 측벽에만 Ag가 증착되었다. 그러나 진공/퍼지 속도를 늦추고, 충분한 Degassing 공정을 추가한 경우 via 내부가 모두 Ag로 채워진 것을 확인 하였다.

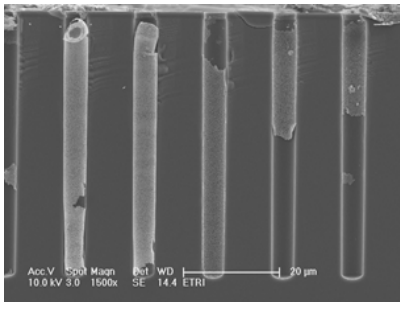
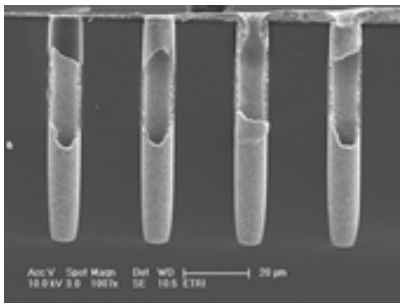
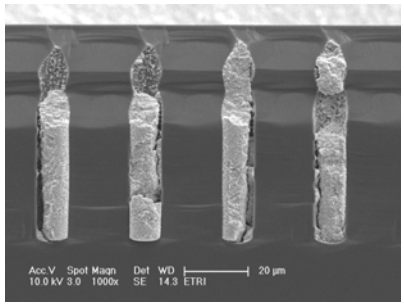


Fig. 1 The cross-section SEM image of TSV filled with 20wt% Ag paste.



(a)



(b)

Fig. 2 The cross-section SEM image of TSV filled with 80wt% Ag paste. (a) Fast vacuum/purge speed of ±2 bar/min and degassing time of 10 min. (b) Low vacuum/purge speed of ±2 bar/min and degassing time of 24 hours.

후기

본 연구는 지식경제부, 산업기술연구회의 협동연구사업 일환인 "차세대 반도체 MCP 핵심기술 개발 사업"과 지식경제부 “인쇄소자의 TFT 특성 연구(과제번호: 10031791))”의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Kim, B., Sharbono, C., Ritzdorf, T., and Schmauch, D., Proceedings of the Electronics Components Technology Conference, San Diego, CA, 2006, p. 838.
2. Jee, Y.K., Yu, J., Park, K.W., and Oh, T.S., "Zinc and Tin-Zinc Via-Filling for the Formation of Through-Silicon Vias in a System-in-Package", J. Electronic Materials, **38**, 685-690,2009.
3. Mmtoyoshi, M., "Through-Silicon Via (TSV)", Proceedings of IEEE,**97**, 43-48,2009.