

Grain Boundary Groove 형성이 신뢰성에 미치는 영향
(The Effect of Groove Formation in Grain Boundary
on the Interconnect Reliability)

현대전자(주) 반도체 연구소 유 상호, 정 병현, 백 중성, 고 철기, 최 수한

1. 서론

현 submicron 반도체 소자에 있어서 Al의 step coverage를 향상하고자 고온 증착법등이 실시되고 있다. 그러나 Al의 결정립은 매우 작으므로 ($1 \sim 3 \mu\text{m}$) 고온처리시 이들의 shape instability, 즉 groove나 hillock 등은 stress나 electro-migration (SM 과 EM) test시 voids를 야기 신뢰성을 저하시킨다^{1,2,3}. 이와같은 groove 현상은 Mullins¹ 등에 의해 많은 연구가 진행되어 groove 깊이는 시간의 1/4 승에 비례한다고 알려져 있다. 그러나 이는 semi-infinite system에 적용 가능한 것으로 finite system인 Al 배선에서는 적용할 수 없을뿐 아니라 다층 구조나 topology 영향등을 고려할 수가 없다. 이에 본 연구에서는 finite system에서 groove shape에 대한 analytical solutions⁴을 얻어, 이를 이용 다층구조나 topology에 따른 groove형성 정도와 신뢰성에 미치는 영향등을 고찰하였다.

2. 실험방법

(100) type 실리콘 웨이퍼에 PECVD 장비인 P-5000을 이용 SiO_2 를 6000 Å 증착 시킨 후, 그 위에 Ti/TiN, Al 및 ARC TiN 을 증착 하여 Al, Ti/TiN/Al과 Ti/TiN/Al/ARC TiN 구조를 가진 $0.6 \mu\text{m}$ 폭의 배선을 형성 하였다. 이때 Al은 고온 증착법을 이용 증착하였으며 보호막으로는 3000 Å 두께의 USG를 사용 하였다. Metal 구조및 topology에 따른 groove 형성 정도는 SEM 을 이용 관찰하였고 EM test는 150°C 에서 전류밀도 1.5 MA/cm^2 을 이용 실시하였다.

3. 결과및 고찰

Al의 결정립 크기에 따른 groove 형성 정도는 그림 1 과 같이 450°C 에서 120 초 동안 고온 처리할 경우 결정립 크기가 $1 \mu\text{m}$ 일때 최대 깊이를 나타내나 $2 \mu\text{m}$ 이상에서는 결정립 크기와는 관계없이 거의 일정한 값을 보여주고 있으며 이는 결정립 크기를 감소 (약 $2.5 \mu\text{m}$) 시키는 Ti/TiN 층이 groove 형성에 거의 영향을 주지 않음을 의미한다. 그림 2 는 표면 확산 계수 변화에 따른 groove 형성 정도를 나타낸 것으로 표면 확산계수가 증가함에 따라 groove 깊이가 증가함을 보여주고 있다. 그러므로 ARC TiN층이 groove 형성 억제에 매우 효과적임을 알 수 있다. 한편 topology가 있는 경우 topology에 따른 curvature 영향으로 증가된 flux는 groove 깊이를 증가시켜, 신뢰성의 저하를 야기시킴을 알 수 있으며, 이는 EM test후 topology를 가진 배선에서 매우 큰 groove 깊이를 나타내는 그림 3 의 결과와 잘 일치함을 알 수 있다.

4. 결론

고온증착된 Al 배선에서 groove가 신뢰성에 미치는 영향은 다음과 같다:

- (1) 결정립 크기가 $1 \mu\text{m}$ 일때 groove 깊이가 가장 크며, $2 \mu\text{m}$ 이상인 경우 groove 형성에 미치는 결정립 크기의 영향은 거의없다.
- (2) 표면 확산계수가 감소함에 따라 groove 깊이는 감소하며 이는 ARC TiN 층이 groove 형성 억제에 효과적임을 알 수 있다.
- (3) Groove 는 장시간 열처리시 입계및 표면 에너지와 결정립 크기에 따라 결정되는 평형상태에 도달 더이상 성장하지 않는다.
- (4) topology를 가진 Al 배선에서 groove 정도는 매우 크며 topology 정도가 클수록 신뢰성이 급격히 저하됨을 알 수 있다.

5. 참고문헌

1. W. M. Mullins: J. Appl. Phys., 333, (28) 1957
2. W. M. Robertson: J. Appl. Phys., 463, (42) 1971
3. R. Rosenberg and M. Ohring: J. Appl. Phys., 5671, (42) 1971
4. Yu, sang-ho: Technical Document(SK-329-27), 현대전자(주) 반도체 연구소, 1992

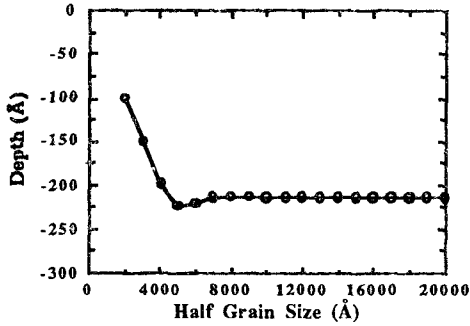


Fig. 1. The change of groove depth with grain size.

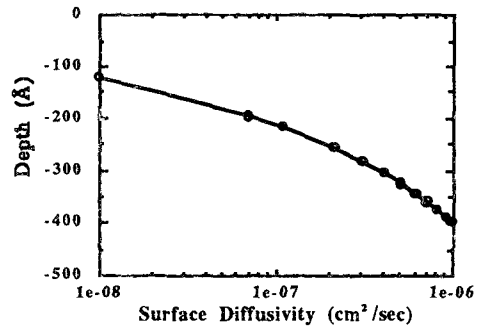


Fig. 2. The change of groove depth with surface diffusivity.

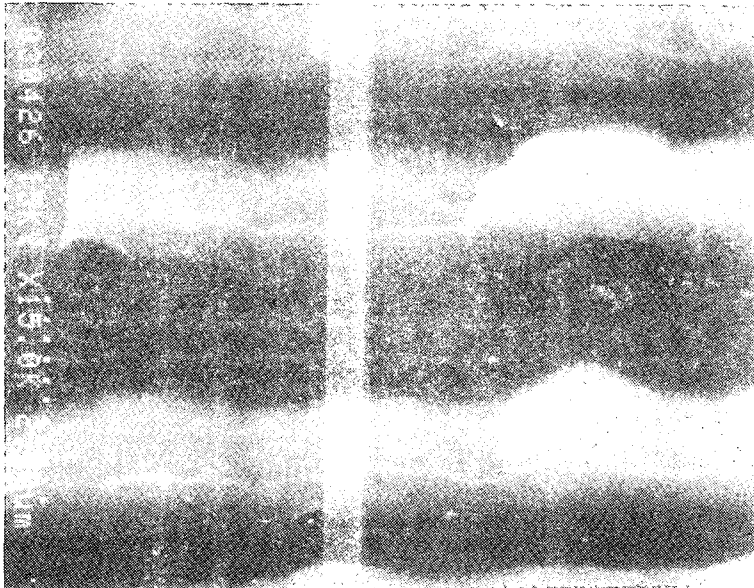


Fig. 3. SEM micrograph of groove profile in Al line with topology after EM test at 150 °C and 3 MA/cm².