

극소전자 디바이스를 위한 Al-1%Si 박막배선에서의 electromigration 특성
(Electromigration Characteristics in Al-1%Si Thin Film
Interconnections for Microelectronic Devices)

박영식·김진영

광운대학교 전자재료공학과

요 약

전자소자의 축소화에 따라 electromigration은 점차 반도체 디바이스의 주요 결함 원인으로 부각되고 있다. 본 실험은 현재 배선 재료로 널리 사용되고 있는 Al-1%Si 금속박막배선의 electromigration에 대한 온도 및 배선길이 의존성에 관하여 연구하였다.

PLCC(Plastic Leaded Chip Carrier) package된 PSG(8000 Å)/SiO₂(1000 Å)/Al-1%Si(7000 Å)/SiO₂(5000 Å)/p-type Si(100)의 보호막처리된 시편과 Al-1%Si/SiO₂(5000 Å)/p-type Si (100)의 보호막처리되지 않은 시편등을 standard photolithography 공정을 이용하여 각각 제작하였다. 선 폭 3 μm, 길이 100, 400, 800, 1600 μm의 등의 Al-1%Si 박막배선구조를 사용하였다. 가속화실험을 위해 인가된 D.C 전류밀도는 4.5 x 10⁶ A/cm²이었고 실온에서 100 °C까지의 분위기 온도에서 electromigration test를 실행하였다.

박막배선길이에 따른 MTF(Mean Time-to-Failure)는 임계길이 이상에서 포화되는 경향을 보이며 임계길이는 Al-1%Si 박막배선에서 분위기온도에 따라 길이 400 μm과 800 μm범위에서 나타났다. 각 시편에서 electromigration에 대한 활성화에너지도 MTF의 특성과 유사하게 임계길이 이상에서 포화되는 특성을 나타내었다.

실험 결과

그림 1에 Al-1%Si 박막배선길이에 따른 MTF의 변화를 나타내었다. MTF는 보호막층의 유무에 관계없이 배선길이가 증가함에 따라 감소하다 특정한 길이 이상에서 포화된다. 포화의 임계길이는 보호막처리된 시편이 실온에서 800 μm로 나타났고, 보호막처리되지 않은 시편에서는 60 °C와 100 °C 모두에서 400 μm로 나타났다. 보호막처리된 시편의 배선은 100 °C 분위기온도에서 MTF의 배선길이에 대한 의존성이 크게 나타나지 않았다.

그림 2는 Black의 방정식을 이용하여 구한 활성화에너지를 나타내었다. 보호막처리된 시편의 경우 100, 400 μm의 배선이 0.46과 0.47 eV의 값이 측정된 반면 800, 1600 μm의 배선은 0.26, 0.27 eV의 값이 측정되어 활성화에너지의 포화를 확인할 수 있다. 보호막처리되지 않은 시편은 100 μm의 배선이 0.82 eV가 측정되어 0.37, 0.38, 0.43 eV의 값을 나타내는 나머지 길이의 배선과 명확한 차이를 나타낸다. 이러한 경향은 MTF의 포화와 유사한 특성을 나타낸다.

그림 3은 current stressing time에 따른 저항변화비를 나타내었다. 높은 분위기온도에서보다 낮은 분위기온도에서의 결합발생시간이 긴 것을 확인할 수 있으며, 결합발생직전에 저항 변화비가 급격히 증가한다.

결 론

Al-1%Si박막배선은 보호막층의 유무에 관계없이 electromigration에 대하여 MTF 및 활성화에너지의 길이 의존성을 보이며, 또한 일정한 임계길이 이상에서 포화의 특성을 나타낸다. Electromigration에 대한 배선길이 의존성은 높은 온도에서보다 낮은 온도에서 더욱 두드러지는 것으로 나타났다.

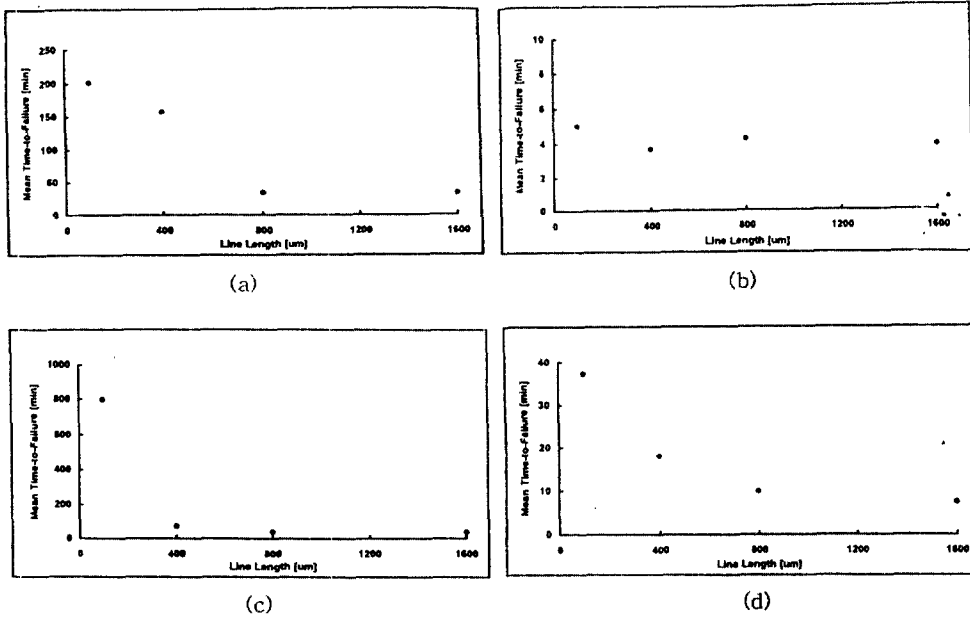


Fig. 1. Mean-Time-to-Failures(MTF) of Al-1%Si thin film interconnections with various line lengths
 (a), (b) PSG/SiO₂ passivated Al-1%Si thin film interconnections
 (c), (d) Nonpassivated Al-1%Si thin film interconnections

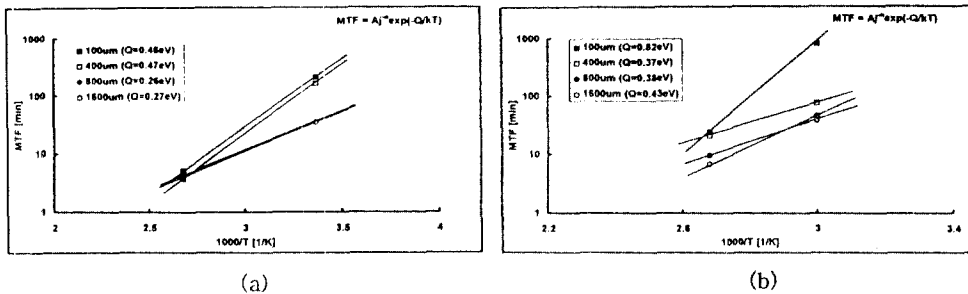


Fig. 2. Activation Energies(Q) for an electromigration in
 (a) PSG/SiO₂ passivated- and (b) nonpassivated Al-1%Si thin film interconnections

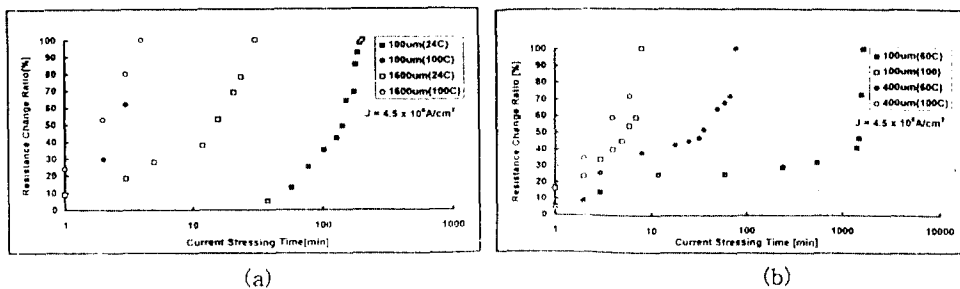


Fig. 3. Resistance changes with the current stressing time in
 (a) PSG/SiO₂ passivated- and (b) nonpassivated Al-1%Si thin film interconnections