

Al, Al-1%Si, Ag, Cu 박막금속화에서의 SiO₂ Passivation 효과.(Effect of SiO₂ Passivation in Al, Al-1%Si, Ag, Cu Thin Film Metallization)

김대일* 김진영

광운대학교 전자재료공학과

서론.

반도체 소자의 고집적화와 박막 interconnection의 선폭이 1 μ m 이하의 범위로 축소되어야 하는 ULSI 박막금속화(thin film metallization)의 재료는 electromigration 현상과 열에 대해서 강한 저항성을 가져야 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 고온 내열 재료를 주로 하는 barrier metal을 금속화 공정에 적용시키기 위한 연구와 더불어 다층 박막금속화 접촉면의 절연막과 보호막의 효과를 가지는 유전 재료에 대한 연구가 폭 넓게 이루어 지고 있다.

따라서, 본연구에서는 기존의 반도체 공정에 주로 쓰이고 있는 Al, Al-1%Si과 electromigration 현상에 대하여 강한 저항성을 가지는 Ag, Cu 박막금속화를 제작한 후, SiO₂ passivation layer를 형성하여 각 박막금속화의 조건에 따른 SiO₂ Passivation 효과와 MTF(Mean Time to Failure)의 변화를 측정함으로써 반도체 소자의 신뢰도에 영향을 미치는 결합 현상들을 규명하고 passivation layer의 응용과 개선 방향을 제시하려고 한다.

실험방법.

Al, Al-1%Si, Ag, Cu 박막금속화는 p형 (100)웨이퍼 기판위에 e-beam증착기를 이용하여 두께를 약 1000Å이 되도록 증착하였고, 약 3000Å의 SiO₂ 보호막은 AC RF sputter를 이용하여 제작하였다. 각 박막금속화에는 GPIB card가 내장된 Keithley 228A current source를 이용하여 고정된 전류밀도를 인가하며 Al, Al-1%Si, Ag, Cu 박막금속화에서의 MTF를 측정하였으며 박막금속화의 결합 분석은 투과광학현미경과 주사전자현미경(SEM)을 이용하였다.

결과 및 고찰.

1 $\times 10^6$ amp/cm²의 전류밀도를 인가한 Al, Ag, Cu의 박막금속화의 수명(life time)에 대한 누적확률을 그림 1에 나타내었다. 일반적으로 기판과의 접착력이 상당히 약한 Ag 박막금속화에서의 수명이 가장 짧음을 알 수 있다. 그림 2에서는 1 $\times 10^6$ amp/cm²의 전류밀도를 인가한 Al 박막금속화에서 보호막이 stripe의 길이에 따른 결합의 분포에 미치는 영향을 나타낸 것이다. SiO₂ 보호막(passivation layer)을 증착한 Al 박막금속화에서는 electromigration 현상으로 인한 방향성을 갖는 물질이동(mass transport)이 상당히 감소함을 알 수 있다.

표 1에는 Al-1%Si 박막금속화에서의 보호막과 열처리 조건에 따른 평균수명 및 표준편차의 변화를 보이고 있다. SiO₂ 보호막이 없는 경우에는(sample 1, 2, 3) 일정한 전류밀도에서 기판의 온도가 높아짐에 따라 MTF의 감소를 보이고 있으나, SiO₂ 보호막이 있는 sample 4의 경우에는 MTF가 상당히 증가함을 보임으로서 보호막의 존재와 소자 수명의 향상과는 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

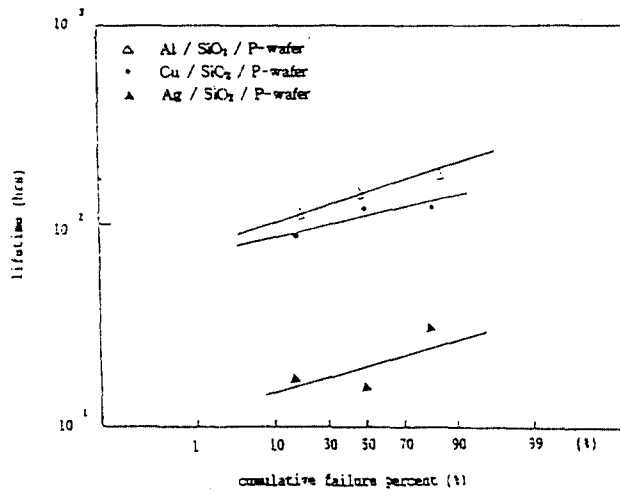


그림 1. Al, Ag, Cu 박막금속화의 life time에 대한 누적확률. (1×10^6 amp/cm²)

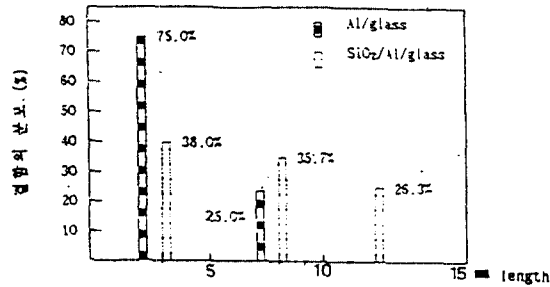


그림 2. Al 박막금속화에서 SiO₂ 보호막 효과로 인한 결함(open failure)의 분포 변화. (1×10^6 amp/cm²)

표1. Al-1%Si 박막금속화에서의 보호막과 열처리 조건에 따른 평균시간 및 표준편차의 변화. (1×10^7 amp/cm²)

sample	temp(°C)	t ₅₀	conf(90%)	sigma(σ)
1	80°C	4.71	1.38 ≤ t ≤ 16.09	1.50
2	100°C	1.48	0.42 ≤ t ≤ 5.23	1.50
3	120°C	0.41	0.13 ≤ t ≤ 1.31	0.99
4	150°C	6.86	2.03 ≤ t ≤ 23.24	0.90

*sample4는 3000Å의 SiO₂의 passivation layer를 갖는다.

결론.

접착력이 강한 Al 박막금속화의 수명(life time)이 Cu, Ag 박막금속화 보다 긴것을 알 수 있고, 고정된 전류밀도에서 Al-1%Si 박막금속화의 기판에 인가되는 열이 높아질 경우에는 평균수명이 감소됨을 알 수 있다. 각 박막금속화에 passivation layer가 증착된 경우에는 엘렉트로마이그레이션 현상이 상당히 감소되어 평균수명의 증가를 보임으로서 SiO₂ passivation layer가 박막금속화의 수명 연장파 신뢰도 향상에 큰 기여를 하고 있음을 알 수 있다.