

# Al-1%Si 박막 금속화의 신뢰성 향상을 위한 연구

최재승      김진영

광운대학교 전자재료공학과

## I. 서론

고밀도 고집적화 기술의 지속적인 발전으로 현재는 VLSI 시대를 거쳐 ULSI 시대에 이르렀다. 그러한 반도체 IC에서 미세화로 제작시 포함되는 여러가지 공정 제어를 평가하는데 있어 중요한 변수로 작용하는 도체선의 폭은 수 마이크로미터 또는 그 이하로 작아진다. 이로인해 초 고집적 반도체 소자의 신뢰성 판정에 크게 관련된 결함(failure) 즉, electromigration등과 같은 금속화 결함 기구(metallization failure mechanism)를 더욱 촉진 시키는 조건이 형성되며 이러한 결함들은 금속화의 선택과 공정 기술을 결정하는 변수가 된다. 또한 박막 증착 기술의 발전으로 여러가지 실리콘의 잇점들을 이용하는 Al/Si 박막들이 개발되어왔다. 이러한 박막 전도체들에서 알루미늄 합금의 조성, 비저항, 미세구조, geometry, 그리고 박막 증착 방법등에 의하여 평균수명 및 신뢰성이 크게 영향을 받는것으로 알려져 있다.

이에 본 연구는 Al-1%Si 박막 전도체에 대해 온도에 따른 failure를 분석하여 박막 전도체의 평균수명 및 신뢰성을 연구하였고 또한 활성화 에너지를 구함으로써 electromigration에 대한 저항성을 연구하였다.

## II. 실험

test structure의 제작은 E-beam lithography와 건식식각을 이용하였다. 먼저 wafer 위에 thermal oxidation으로 5000 Å의 산화막을 성장시키고 dc magnetron sputter를 사용하여 1000 Å의 Al-1%Si을 증착한 후 E-beam lithography를 이용하여 두께(t) 1000 Å, 폭(w) 1 μm, 길이(l) 800 μm의 크기를 갖는 test structure를 제작하였다.

또한 passivation 효과를 조사하기 위해 일부 test structure에 sputter를 이용하여 5000 Å의 산화막을 증착하였다.

제작된 test structure를 사용하여 electromigration 실험을 수행하였다. d.c. 전류밀도는  $1 \times 10^7$  A/cm<sup>2</sup>로 고정시켰으며 활성화 에너지(Q) 및 신뢰성(σ)을 구하기 위해 80, 100, 120°C의 예상온도에서 평균수명( $t_{50}$ )을 측정하였다.

failure distribution은 Hazen algorithm을 사용하여 분석하였으며, 결합현상은 광학 현미경을 이용하여 확인, 분석하였다.

### Ⅲ. 결과

stripe 온도는 TCR(temperature coefficient of resistance)를 사용하여 구했으며 각각의 평균 인가 온도(mean stress temperature),  $T_m$ 은 91, 114, 131 °C로 나타났다. 전도체는 점차적인 저항 증가를 보이지 않았고 긴 잠복기 후에 급격한 저항증가를 나타내었다. 각 온도에서 test structure의 평균시간(median time-to-failure)은 4.71, 1.48, 0.41 시간으로 나타났다. 세 가지 온도에서 실험하여 얻은 failure time,  $t_f$ 에 대한 누적 확률(cumulative probability)을 나타낸 결과 모든 점들은 90%의 신뢰구간에서 직선적으로 나타났다. 전류밀도를 일정하게 유지하고 stripe 온도의 역수에 대한  $\ln(t_{50})$ 의 Arrhenius plot을 취하여 활성화 에너지(activation energy)를 구하였다. 계산된 Al-1%Si 박막의 활성화 에너지 값은 0.75 eV 이다. 산화막을 성장시켜 passivation 처리를 한 test structure에 대해 150 °C의 예상 온도에서 평균수명이 12 시간으로 나타났다.

### Ⅳ. 결론

Al-1%Si 박막의 electromigration에 대한 활성화 에너지 값은 0.75 eV로 나타났다. 온도가 80 °C에서 120 °C로 증가함에 따라 평균수명은 감소하였고 신뢰성은 향상되었다. electromigration failure distribution은 d.c. 전류하에서 lognormal distribution을 갖는것으로 나타났다. SiO<sub>2</sub>/Al/SiO<sub>2</sub>/Si-wafer 형태의 test structure는 Al/SiO<sub>2</sub>/Si-wafer 형태의 test structure에 비교해서 평균수명이 상당히 증가하는 것으로 나타났다.