

# Al 박막 금속화의 신뢰성 향상에 관한 연구

(A study on the increased reliability of Al thin film metallizations)

전진호 김영진

(광운대학교 전자재료공학과)

An electromigration induced failure analysis has been performed on d.c. stressed Al thin film stripes. Al thin films of 1000Å thickness were deposited onto slide glass substrates by using e-beam evaporator from Mo boats in a high vacuum of  $6 \times 10^{-8}$  Torr range. The initial resistivity of Al/glass thin films is  $2.7 \pm 0.15 (\mu \Omega \text{cm})$ . Electromigration in Al stripe results in the formation of accumulation regions(hillocks) near the positive side and depletion regions (voids) near the negative side. The hillocks and void are analyzed by using SEM, EDAX, XPS, Profilometer and optical microscope.  $\text{SiO}_2$  passivation effect on the failure are also discussed.

## I. 서론

반도체 소자의 고집적화(ULSI)에 따라, 상호연결선이 마이크로미터( $\mu\text{m}$ ) 이하로 미세화되기 때문에 electromigration (E/M)에 의해 발생하는 결함의 심각성은 더욱 커지고, 소자의 신뢰성 측면에서 해결이 매우 시급한 실정이다. 1969년 Black은 E/M현상이 반도체 소자의 electrical open and short을 유도한다고 발표한 이후, 박막 금속화의 신뢰성 향상을 위한 결함 현상에 대한 연구는 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 Al 박막 금속화에서 E/M현상에 의해 형성되는 hillocks과 void를 연구하였으며, 신뢰성을 향상시키기 위한  $\text{SiO}_2$ 보호막을 사용하였다. Al/glass와 Al/glass stripe 박막에 수명가속화 실험을 한 후 형성된 결함에 대하여 SEM, EDAX, XPS, Profilometer 등으로 분석 연구하였다.

## II. 실험방법

기판은 현미경용 유리로, e<sup>-</sup>-beam evaporator(Annelva Co., VI-43)로 증착 전  $6 \times 10^{-8}$  Torr의 진공도에서 4.5A/sec 증착율로 Al(99.999%) 박막 stripe을 기판 온도

26°C, 길이 2cm, 폭 0.05cm, 두께는 1000Å으로 증착하였다. 보호막은 두께가 1000Å의 SiO<sub>2</sub>를 RF-sputtering(Annelva Co., SPF-210)으로 Ar gas 주입전 1x10<sup>-6</sup> Torr의 진공도에서 증착하였다.

Al/glass 박막의 비저항은 4탐침법으로, Al/glass와 SiO<sub>2</sub>/Al/glass stripe을 실온, 100, 200, 300°C로 열처리 하면서 1x10<sup>5</sup>, 1x10<sup>6</sup>, 1x10<sup>7</sup>(A/cm<sup>2</sup>)의 전류밀도를 각각 안정하게 인가하는 수명가속화 실험으로 stripe의 E/M에 의한 결함형성, 온도변화, 저항변화, MTF을 측정하였다. SEM-EDAX(Jeol, JSM-35 CF)로, hillocks과 void을 관찰하고, hillocks에 대한 물질조성을 측정하였으며, hillocks의 높이를 profilometer를 이용하여 가장 큰 hillocks에 대해 조사하였다. 광학현미경으로 stripe의 전기적 단락위치를 관찰하였고, XPS로 표면을 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

Al/glass stripe의 초기 판저항과 비저항은 각각 0.28 Ω/ , 2.7±0.15 μΩcm으로 측정되었다. 실온-전류밀도가 1x10<sup>6</sup>(A/cm<sup>2</sup>)일때, stripe을 3영역으로 나누어 저항변화 측정 결과, Al/glass의 경우 (-)영역에서는 시간에 따라 저항이 선형적으로 증가함을 보이고 있으나, (+)영역에서는 저항의 변화율이 20% 미만으로 중간영역과 차이가 없었다. 그러나 SiO<sub>2</sub>/Al/glass 경우에는 전영역에 걸쳐서 저항 변화율이 일정하게 나타났다. 전류밀도가 5x10<sup>6</sup>(A/cm<sup>2</sup>)일때, 온도 변화는 100시간 이후에 Al/glass인 경우 초기 온도보다 약 Δ60°C 증가였고, SiO<sub>2</sub>/Al/glass는 Δ30°C 정도로 Al/glass 박막 보다 작게 나타났다. 전기적으로 단락된 후 음극에 가까운 곳에서 void로 생각되는 결함과, 양극 부분에서는 hillock으로 보이는 검은 점을, 음극근처에서 open이 일어났음을 광학 현미경으로 관찰할 수 있었다. SEM측정결과, Al/glass 박막의(+ ) 영역에서 hillock을, 중간영역에서는 (+)영역에 비해 작고 많은 수의 hillock이 관찰되며, 음극영역에서는 void가 측정됐다. 그리고, SiO<sub>2</sub>/Al/glass는 hillock 형성이 적고 작게 나타나므로 SiO<sub>2</sub>가 hillock 형성을 억제하고 있으며, hillock의 최대 높이는 Al/glass와 SiO<sub>2</sub>/Al/glass 박막에서 각각 184Å/Div, 84Å/Div 이었다. Hillock의 EDAX 측정결과 matrix에 비해 Al양이 증가한 것으로 보아, E/M

현상으로 hillock은 주위로 부터 물질이 이동되어 형성된 것을 알 수가 있다. MTF 측정결과 SiO<sub>2</sub>/Al/glass 박막이 Al/glass 박막보다 약 2배정도 크게 측정되었고, 2σ가 작게 측정되므로 SiO<sub>2</sub>/Al/glass 박막에서 SiO<sub>2</sub> 보호막은 신뢰성을 향상 시킬 수 있었다.

#### IV. 결론

1. Al (-)영역에 void와 (+)영역에 hillock이 각각 형성됐다.
2. Hillock과 void는 물질이동에 의해 형성되었다.
3. 물질이동은 electromigration에 의한 것이다.
4. Al/glass보다 SiO<sub>2</sub>/Al/glass 박막에서 hillock 형성의 억제성이 있다.
5. SiO<sub>2</sub> 보호막은 열적인 안정성을 가지고 있으며, 신뢰성을 향상시킬 수 있다.