

등온 전기저항변화 측정에 의한 구리박막에서의 전자이주 연구  
(Electromigration in Cu films studied by isothermal resistance change  
measurements)

박종원, 김윤태, 이진호  
305-350 대전시 유성구 가정동 161번지  
한국전자통신연구소 반도체연구단

1967년 Blech과 Sello에 의해서 집적회로에서의 Al 배선 절단 (failure)은 전자이주 (electromigration, EM)에 의한 손상 (damage)에 그 원인이 있다라고 발표되면서 EM에 대한 연구는 현재까지 계속 되고 있다. 집적회로에서의 전자이주 문제를 개선하기 위한 방안으로 배선 재료를 현재 사용되는 Al-Cu 합금대신 EM에 대해 내성이 높다고 알려진 Cu로 대체하려는 연구가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 Cu 박막의 정확한 반응속도론적 EM 특성을 구하고자 고진공안에서 EM 실험을 하였다. EM 실험에 요구되는 고전류밀도를 사용할 때 발생하는 Joule heating을 thin film thermistor를 개발하여 보정하였다.

본 실험에 사용된 구리박막은 6N 순도의 bulk Cu를  $10^{-7}$ Torr범위의 진공을 갖는 Bell Jar 안에서 열증착법 (thermal evaporation)으로 만들어졌다. 이 때 기판은 산화된 실리콘 웨이퍼이고 구리 박막의 두께는  $3000\text{Å}$ , 증착속도는  $30\text{Å}/\text{sec}$  이었다. 이렇게 만들어진 Cu 박막은 거리가  $20\mu\text{m}$  떨어진 두 개의 평행한 박막선으로 습식 식각되었고 이 박막선들의 폭은  $15\mu\text{m}$ , 길이는  $1\text{mm}$  였다. 두 개의 박막선중 하나 (EM stripe)는 EM 실험을 위하여  $5\sim 9\text{mA}/\text{cm}^2$ 의 전류밀도로 가속되었고 또 다른 박막선은 thermistor stripe로서 온도측정에 사용되었다. EM stripe는 약  $100^\circ\text{C}$  이상의 Joule 열을 발산하였고 thermistor stripe과는  $15\sim 30^\circ\text{C}$ 의 온도차이를 보였다. 이러한 온도차이는 EM stripe의 온도가 증가함에 따라 선형으로 증가하였다. 이러한 비례 관계는 EM 실험시 thermistor stripe를 이용하여 EM stripe의 정확한 온도를 측정할 수 있게 하였다.

EM실험중 EM Stripe의 전기저항은 시간에 대해 선형으로 증가하였다. 이 때 선형적으로 증가한 양은 약 5%정도였고 이 이후부터는 절단으로 이어지는 급격한 증가를 보였다. 이 선형적 증가의 기울기를, 즉 시간에 대한 저항변화율을  $280\sim 420^\circ\text{C}$ 구간의 각기 다른 다섯 온도에서 측정하여 Arrhenius plotting을 하고 이 plotting의 기울기로 부터 Cu의 EM에 대한 활성화에너지를 구하였다. 다섯번의 실험을 각기 다른 시편으로 반복실험하여 구한 활성화에너지는 0.76, 0.80, 0.80, 0.80, 그리고 0.81eV로 재현성 있게 나타났다. 또한 전류밀도 지수 n 값은 3.25, 3.74, 3.82, 그리고 3.75 등으로 구하여졌다. EM실험을 거친 시편들을 주사전자현미경으로 관찰한 결과 음극부위와 양극부위는 각각 void와 hillock들로 손상을 입었다.