

**극소전자 디바이스를 위한 박막배선재료 개선에 관한 연구**  
**(A Study on the Improvement of Thin Film Interconnection**  
**Materials for Microelectronic Devices)**

양인철, 김진영

광운대학교 전자재료공학과

요 약

극소전자 디바이스의 고집적화에 의해 박막배선의 선폭은  $0.5\mu\text{m}$  이하로 축소되고 있고 상대적으로 높은 전류밀도가 흐르게 된다. 높은 전류밀도하에서는 현재 일반적으로 사용되고있는 Al을 기본으로하는 박막배선에서의 electromigration에 의한 결함 발생 그리고 비교적 낮은 전기전도도가 심각한 문제점으로 제기된다.

본 연구에서는 Al과 고전기전도도 물질인 Ag, Cu, 그리고 Au 박막배선에 대해 electromigration에 대한 저항성, 즉 activation energy를 측정 비교함으로써 차세대 극소전자 디바이스를 위한 박막배선재료로서의 가능성을 알아보고자 한다.

Electromigration test 및 activation energy를 구하기 위해 순수 Ag, Cu, Al, Au 박막배선을  $0.05\mu\text{m}$  두께,  $100\mu\text{m}$  선폭, 그리고  $5000\mu\text{m}$  길이로  $\text{SiO}_2$  열산화막 처리된 p-Si(100) 기판 위에 진공 증착시켰다. 가속화 실험을 위해 인가된 d.c. 전류밀도는  $2 \times 10^6 \text{A/cm}^2$  이었고, Al과 Au에서는  $6 \times 10^6 \text{A/cm}^2$ 이었다. 실온에서  $240^\circ\text{C}$ 까지의 온도범위에서 d.c.인가후의 저항변화률 측정하여 Median-Time-to-Failure(MTF)를 구한 후 Black 방정식을 이용하여 activation energy를 측정하였다.

Activation energy는 Cu가  $1.34\text{eV}$ 로서 가장 높게 나타났고 Au가  $1.01\text{eV}$ , Al이  $0.66\text{eV}$ , Ag가  $0.29\text{eV}$ 의 순으로 측정되었다. 따라서 Cu와 Au 박막배선의 경우 Al보다 electromigration에 대한 저항력이 강한 고활성화에너지 특성을 갖는 고전기전도도 재료로서 차세대 극소전자 디바이스를 위한 대체 박막배선재료로서의 가능성을 보인다.

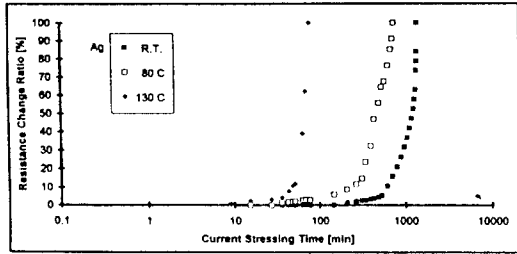
실험 결과

그림 1에 Ag, Cu, Al, Au 박막배선에서의 d.c. 전류인가에 따른 저항변화비를 나타내었다. 측정 온도가 올라감에 따라 수명은 모든 박막배선에서 짧아지며 저항변화도 급격히 진행되었다. Ag, Cu의 경우 인가된 전류밀도는  $2 \times 10^6 \text{A/cm}^2$ 로서 측정온도  $130^\circ\text{C}$ 에서 MTF는 Ag가 75분, Cu가 30분으로 Ag가 길게 나타났으나 저온에서는 Cu가 길게 나타났다. Al, Au박막배선의 경우 인가된 전류밀도는  $6 \times 10^6 \text{A/cm}^2$ 으로서 측정온도  $180^\circ\text{C}$ 에서 각각 29분, 124분,  $210^\circ\text{C}$ 에서 6분, 13분 그리고  $240^\circ\text{C}$ 에서 4분, 6분으로 측정되어 Au가 전 온도 범위에서 길게 나타났다.

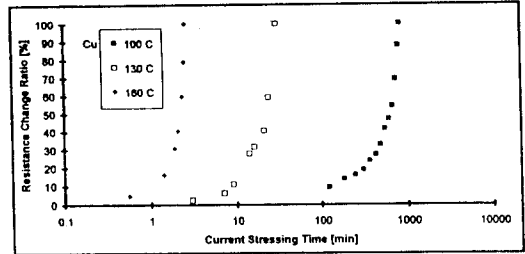
그림 2는 온도의 역수에 대한 MTF의 변화로서 직선의 기울기를 측정하여 Black 방정식으로부터 electromigration에 대한 activation energy를 구하였다. Cu와 Au박막배선의 electromigration에 대한 activation energy는 각각  $1.34\text{eV}$ ,  $1.01\text{eV}$ 로서 Ag, Al 박막배선의  $0.29\text{eV}$ ,  $0.66\text{eV}$ 보다 높게 나타났다. Cu, Au 박막배선의 electromigration에 대한 저항력이 Ag, Al보다 강할 것으로 사료된다. 그림 3은 광학현미경 사진으로서 Ag 박막배선에서의 electromigration에 의한 결함 발생을 보여주고 있다.

결 론

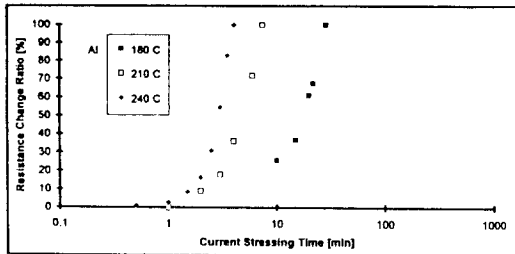
Cu와 Au 박막배선의 경우 Al보다 electromigration에 대한 저항력이 강한 고활성화에너지 특성을 갖는 고전기전도도 재료로서 향후, 기존의 Al대체 물질로서 이용될 수 있을것으로 기대된다.



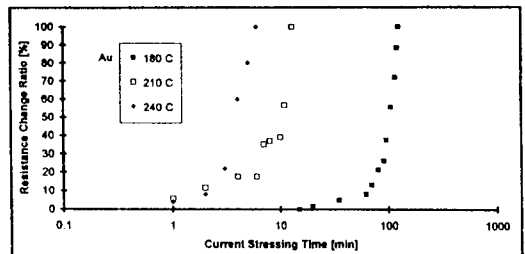
(a)



(b)

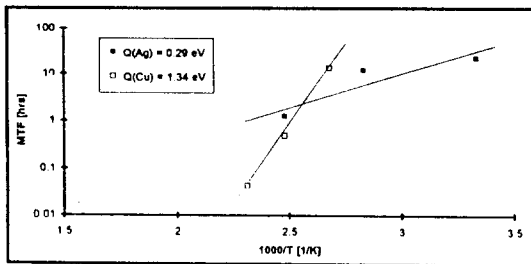


(c)

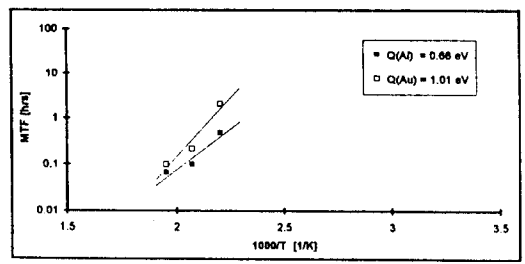


(d)

그림 1. 박막배선에서의 전류인가시간에 따른 저항변화비  
(a) Ag (b) Cu (c) Al (d) Au



(a)



(b)

그림 2. 박막배선물질의 활성화에너지  
(a) Ag, Cu (b) Al, Au

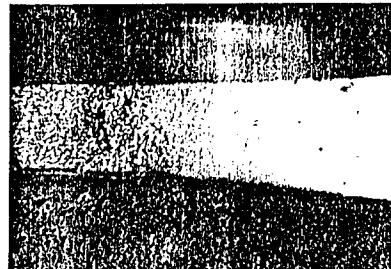
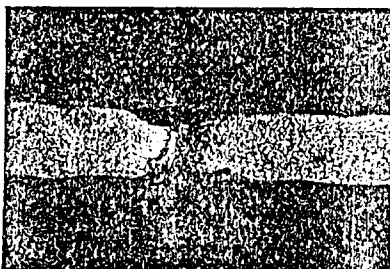


그림 3. d.c. 인가후 발생한 Ag 박막배선에서의 결함