

D.C 와 Pulsed D.C조건하에서의 Al-1%Si박막금속화의 Electromigration현상에 관한 연구.
(A Study on the electromigration phenomenon in Al-1%Si metallization under D.C and Pulsed D.C conditions)

*

배성태	김대일	전국진	김진영
광운대학교	전자재료공학과		
(* 서울대학교		반도체공동연구소)	

I. 서 론.

반도체 소자의 고밀도, 고집적화에 따른 소자의 축소화(scale down)가 1 μ m이하의 design rule에 까지 이르러짐에 따라, 고속, 고밀도 반도체 소자의 제조과정중의 하나인 박막배선공정은 submicron이하의 범위를 갖는 미세화된 선폭과 적층구조를 갖는 박막배선의 형태로 연구가 진행되어지고 있다.¹⁾

그러나, 선폭의 미세화는 소자동작시에 흐르는 고정된 전류조건하에서 박막금속화내에 고전류밀도를 유발시켜, electromigration과 같은 금속화 결함기구를 촉진시키므로써 소자의 신뢰성 판정에 큰 변수로써 작용하게 되었다. 이러한 electromigration현상에 대한 연구는 가속화 조건의 하나인 DC조건하에서 박막배선의 geometry변화, 새로운 박막배선재료의 개발, 중착조건, 박막배선의 미세구조등의 여러변수를 변화시켜가며, electromigration에 대한 강한 저항성을 가지며, 소자에 고 신뢰도를 얻을 수 있는 측면으로 진행되어, 현재에 이르러서는 실제로 소자가 동작하는 범위인 AC signal과 clock pulse인 pulsed DC상태에 대한 연구가 주목되고 있다.^{2),3),4)}

이에 본 연구에서는 Al-1%Si박막금속화를 제작하여 실온(RT)상태에서 DC와 Pulsed DC를 인가함으로써 electromigration에 대한 박막배선의 수명및 특성을 조사하여 차세대 극소전자 반도체의 신뢰성 개선에 대한 자료를 제시하고자 한다.

Key Word : submicron metallization, electromigration, pulsed D.C., current density.

II. 실험 방법

본 실험에 사용된 test pattern은 work station의 construct tool을 이용하여 design한 후, 열산화 방법으로 형성된 평균두께 5000Å인 산화막을 갖는 p-type (100) 실리콘 웨이퍼위에 MRC 920M D.C. magnetron sputter를 이용하여 두께 7000Å의 Al-1%Si(metal 1)을 증착시켜, standard photolithography공정으로 pattern을 형성하였다. test pattern은 선폭 3 μ m, 길이 21080 μ m, 100 μ m \times 100 μ m pad구조를 갖는 meander type structure로, passivation layer(SiO₂ / PSG)가 1000Å / 8000Å의 두께로 overcoating되어 있고 제작된 시편은 DIP(Dual Inline Plastic package)상태로 패키징하여 실험을 진행하였다.

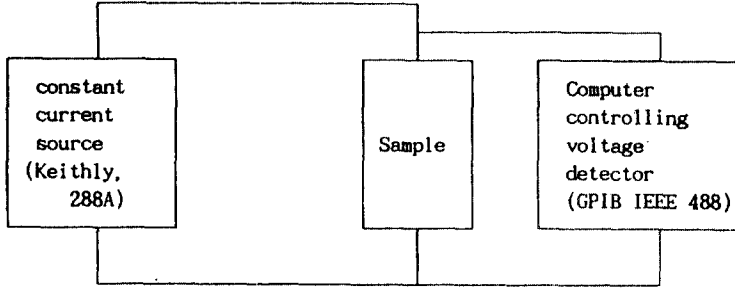
실험조건은 Keithley 288A constant current source를 사용하여 D.C. 1 $\times 10^6$ A/cm², 2 $\times 10^6$ A/cm², 1 $\times 10^7$ A/cm²의 고정된 전류밀도를 인가하였고(그림. 1), HC04 TTL inverter를 이용한 pulse generator로부터 200KHz, 800KHz, 1MHZ, 4MHZ의 주파수를 갖는 pulsed D.C.를 인가하였다.(그림.2) 이때 PDC상태의 duty factor는 0.5이었으며(그림. 3), peak current density는 2 $\times 10^6$ A/cm², 1 $\times 10^7$ A/cm²이었다. Al-1%Si 박막금속화의 결함발생시간인 TTF(Time-To-Failure, t_f)를 측정하기위한 out voltage detector는 computer controlling GPIB(General Purpose Interface Bus) interface를 이용하였으며, 결함발생지역에 대한 결함분석은 광학현미경, SEM(Scanning Electron Microscopy)등을 이용하여 관찰하였다.

III. 결과및 고찰.

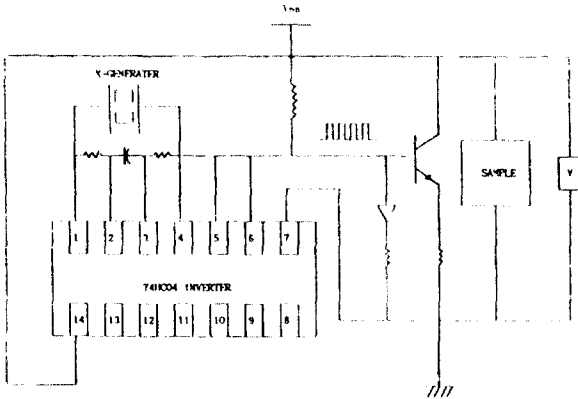
그림. 4는 DC와 PDC 조건하에서 고정된 전류밀도 2 $\times 10^6$ A/cm²를 인가하였을때의 Al-1%Si박막배선의 수명(lifetime)에 대한 저항변화곡선을 보여주고 있다. DC인가시에는 524시간이 지난후에 저항이 급격히 증가하여, SEM을 이용하여 관찰한 결과(그림. 5), 박막배선에 결함이 발생했것을 확인할 수 있으나, PDC인 경우에는 저항의 급격한 증가가 관찰되지 않아 off-time시에 박막배선에 발생하는 이완현상(relaxation phenomena)에 의한 수명의 증가를 예측할 수 있었다.

IV. 결 론

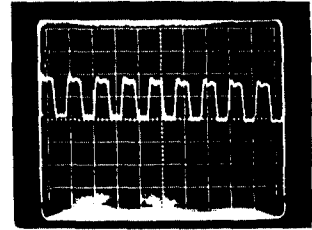
박막배선에 DC와 PDC를 인가하여 electromigration에 의한 결함현상을 관찰한 결과, DC보다 PDC조건하에서 박막배선의 수명이 더 긴것으로 나타났으며, PDC조건하에서 박막배선의 수명은 인가된 전류밀도, duty factor, 주파수등에 의존성을 갖는다는 것을 알 수 있었다.



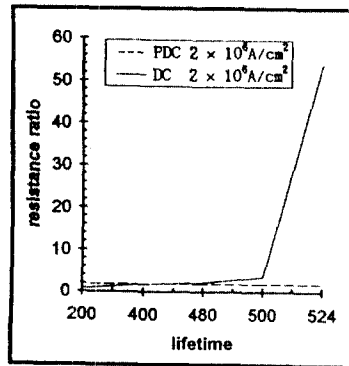
< 그림. 1> DC조건하에서의 electromigration test 장치도.



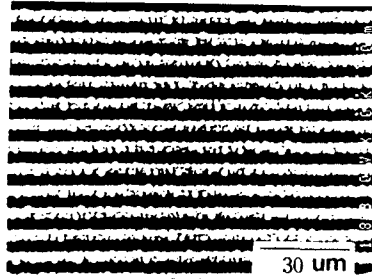
< 그림. 2> Constant current pulse generator의 회로도.



< 그림. 3> 4MHz DC Pulse (Duty : 0.5)



< 그림. 4> 고정된 $2 \times 10^6 \text{A/cm}^2$ 의 전류밀도하에서의 박막배선의 수명과 저항변화곡선.



< 그림. 5> Electromigration test후 test pattern에 발생한 결함지역에 대한 SEM사진.
(DC 2×10^6 A/cm²)

IV. 참 고 문 헌.

1. Tetsuaki Wada, Hiromu Higuchi, and Tsuneo Ajiki, "Electromigration in Double-Layer Metallization", IEEE Trans. Reliab., Vol. R-34, No.1, PP2-7, (1985).
2. R. E. Hummel, I. Yamada, "Electromigration behavior of aluminum films deposited on silicon by ionized cluster beam and other techniques.", Appl. Phys. Lett., Vol. 54, PP18-20, (1988).
3. Kenji Hinode, Takeshi Furusawa, and Yoshio Homma, "Relaxation Phenomenon During Electromigration Under Pulsed Current.", IRPS, 30th pro., No.92 CH3084-1, PP205-210, (1992).
4. B. K. Liew, N. W. Cheung, and C. Hu, "Electromigration Interconnect Lifetime Under AC and Pulse D.C. Stress", IRPS, 27th pro. No.89 CH2650-0, PP215-219, (1989).