

## 응력유도 미세결함에 의한 박막배선의 Electromigration 파손시간 평가

### Evaluation of Electromigration Failure Time of Thin-Film Lines by Stress-Induced Defects

서울대학교 재료공학부 이 세 호, 권 동 일

**1. 서론:** 반도체 칩 내부는 수백만 개의 기능소자들 사이의 전기적 신호연결선인 박막배선들은 미세화된 크기로 인하여 작동시 매우 높은 전류밀도가 발생되며, 이 때 electron wind force에 의하여 박막배선 내부 원자들을 이동시키는 electromigration 현상이 발생하게 된다. 이는 박막배선의 미세파손을 가져오는 신뢰성 저하의 주요 원인으로 작용한다. 이러한 미세파손에 영향을 미치는 인자로서 금속박막 배선의 제조시 모재와의 열팽창계수의 차이에 기인하여 발생된 열응력은 미세공동 생성의 원인이 되어 작동시 신뢰성 심각한 영향을 주고있다. 따라서 본 연구에서는 박막배선 제조시 발생하는 열응력에 의하여 유도된 미세결함의 평가와 이들의 존재가 전류가 흐르는 작동상황하에 박막배선의 미세파손시간에 어떠한 영향을 미치는 지에 대하여 분석하였다. 이를 위하여 박막과 모재의 열적, 기계적 성질에 대한 분석을 바탕으로 증착후 열응력 발생을 모사하기 위하여 열사이클 실험을 행하였다. 이때 발생된 열응력은 이론적 분석과 laser beam reflection 방법을 이용한 모재의 곡률 변화를 측정함에 의하여 예측하였다. 열응력에 의하여 유도된 미세결함 생성을 확인하기 위하여 전기적 특성의 변화를 평가하였다. 최종적으로 발생된 열응력에 의한 미세결함 양의 증가에 따라 작동시 electromigration에 의한 미세파손 시간의 감소 정도를 정량적으로 분석하였다.

**2. 실험방법:** Si wafer 위에 800Å 두께의 SiO<sub>2</sub>를 형성시켰으며, 0.3 $\mu$ m 두께의 Al(1% Si) 박막을 sputter를 이용하여 증착하였다. 이후 선별식각 공정을 통하여 미세 Al(1% Si) 박막배선을 제조하였으며, 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, 350°C 그리고 400°C 온도까지 각각의 시편들을 승온후 냉각시키는 열사이클을 주었다. 각각 다른 열사이클을 받은 시편들의 열응력을 laser를 이용하여 측정하였다. 또한 열응력 유도 미세결함의 존재를 SEM과 I-V characterizer를 이용하여 확인하였다. 이후 3.0MA/cm<sup>2</sup>의 전류밀도와 240°C 온도에서 electromigration test를 통하여 미세파손 시간의 변화를 측정하였다.

**3. 실험결과:** 다양한 열사이클을 받은 Al(1% Si) 박막배선들은 온도변화와 열팽창계수의 차이에 기인하여 서로 다른 크기의 열응력 값을 나타내었다. 이러한 열응력들은 배선 내부 초기결함 생성의 원인이 되었으며, 초기 전기저항값의 증가를 가져왔다. 또한 배선내에 열응력에 의한 미세결함 생성을 SEM을 이용하여 관찰한 결과 열응력의 영향이 클수록 결함의 양이 증가하였다. 결국 이러한 영향은 작동시 전류의 흐름에 의하여 발생하는 electromigration에 필요한 활성화에너지를 변화시킴에 의하여 미세파손 시간을 감소시켰다. 이와 같은 결과를 통하여 Al(1% Si) 박막배선내에 열응력 유도 미세결함의 존재가 작동시 박막배선의 수명에 치명적인 영향을 미치는 인자로서 작용함을 평가하였다.

#### 참고문헌

1. J.R. Lloyd and R.N. Steagall: J. Appl. Phys., Vol. 60(3), 1986, p. 1235
2. Donald S. Gardner and Paul A. Flinn: J. Appl. Phys., Vol. 67(4), (1990), p. 1831
3. D.B. Knorr and K.P. Rodbell: J. Appl. Phys., Vol. 79, (1996), p. 2409.
4. J. Cho and C.V. Thompson: Appl. Phys. Lett., Vol. 54, (1989), p. 2577.