

Al박막의 electromigration에 대한 underlayer surface roughness의 영향
Effect of Surface Roughness of Underlayer on Electromigration in Al Thin Films

한양대학교 재료공학과 최 현석*, 김 영호

1. 서 론

반도체 소자간의 interconnection line으로 사용되는 Al박막의 electromigration(EM) 현상에 대해서는 오랜 기간 동안 많은 연구가 이루어져 왔다. 특히 linewidth, current density, temperature, microstructure 등에 대해서 주된 연구 결과가 발표되었는데[1] 최근에는 Al박막의 EM거동이 Al박막의 texture에 크게 영향을 받는다는 결과가 발표되었다[2]. 또한 Al박막의 texture는 underlayer의 종류와 표면조도에 따라서 영향을 받는 것으로 실험 결과 확인되었다[2].

본 실험에서는 insulator재료로서 유전상수값이 세라믹계보다 작다는 장점이 있고, O₂ rf plasma 처리에 의해 쉽게 표면조도가 증가하는 고분자인 polyimide(PI)를 사용하여 그 위에 증착되는 Al박막의 EM거동에 대해 연구하였다.

2. 실험방법

기판은 n-type (100) Si wafer에 Hitachi사의 폴리이미드를 ultrasonic cleaning후 spin-coating 방법을 사용하여 2000 rpm으로 피복하였다. 피복된 폴리이미드는 135℃에서 30분간 prebaking한 후 곧바로 100℃, 150℃, 200℃, 250℃, 400℃로 단계적인 큐어링과정을 거쳤다. 이렇게 형성된 폴리이미드 기판의 표면조도를 다르게 하기 위하여 20분, 40분간 O₂ rf plasma 처리하였고 O₂ rf plasma 처리에 의해 변화된 표면조도를 관찰하기 위하여 AFM(Atomic Force Microscope)을 사용하여 Ra(Mean surface roughness)값을 측정하였다. DC 마그네트론 스퍼터링방법으로 3000 Å 두께의 고순도 Al박막을 rf plasma 처리한 PI기판에 증착하였다. 이때 기판을 수냉, 140℃, 220℃로 유지하면서 증착온도에 따른 EM거동을 관찰하였다.

MTF(Mean Time to Failure)의 측정은 HP4145B를 사용하여 전류밀도를 5×10^6 A/cm²으로 일정하게 유지하여 측정하였고 EM test 전후의 line 표면 morphology와 failure site의 관찰은 SEM을 사용하여 관찰하였다. 증착조건에 따른 Al박막의 미세구조를 비교하기 위하여 XRD 방법을 사용하여 (111) peak과 (200) peak의 상대적인 세기를 비교하였다. 또한 TEM을 사용하여 Al박막의 미세구조 및 (111) texture를 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Spin-coating된 폴리이미드의 표면조도는 AFM 관찰 결과 69 Å이었고, 20분간의 O₂ rf plasma 처리후에는 300 Å으로 증가함을 볼 수 있었다. 이후에 증착되는 Al박막의 표면은 SEM 관찰 결과 O₂ rf plasma 처리시간이 증가함에 따라 거칠어짐을 볼 수 있었다. 또한 이에 따른 MTF의 변화는 O₂ rf plasma 처리시간을 증가시킴에 따라 MTF값이 감소하였다. 이러한 MTF의 감소는 Al박막의 (111) texture 정도의 차이에 기인하는 것으로 생각되는데 이는 rf 처리시간에 따른 XRD 분석 결과 $I_{(111)}/I_{(200)}$ 비가 크게 감소한 것으로 확인할 수 있었다. 증착온도에 따른 Al박막의 MTF를 측정한 경우, 증착온도가 높아짐에 따라 MTF값이 증가함을 알 수 있었고 XRD 분석 결과 증착온도가 높아짐에 따라 (111) peak의 크기가 증가함을 볼 수 있어 (111) texture의 정도가 MTF 증가의 원인으로 생각되었다.

4. 참고문헌

- [1] Choongun Kim, Ph. D Thesis, UC Berkeley, April 1993
 [2] Hideki Shibata, Masayuki Murota and Kazuhiko Hashimoto, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 32 (1993) pp. 4479-4484