

XTEM 시편준비시의 Differential Sputtering 현상에 대한 AFM 및 이론적 고찰

정 영 우, 김 현 아, 이 정 수

LG 종합기술원

반도체와 소자재료의 다층화, 미세화가 급격히 진행됨에 따라 투과 전자 현미경 관찰용 단면 시편 제작의 중요성이 증대 되었으며, 이를 위한 여러 방법 중 이온 밀링법이 가장 널리 사용되어 왔다. 그러나 극미소 부위의 시편 분석 또는 밀링 속도 차이가 현저한 다층 박막 구조 분석에 있어서 각 층의 밀링 속도 차이에 의한 differential sputtering 현상은 박막 층 내부 구조나 박막 층간의 계면의 관찰을 방해하여 왔다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 극미소 부위 시편 분석시 투과 전자 현미경을 관찰할 수 있는 두께까지 연마를 한 후 이온 밀링 과정을 생략하거나 아주 짧은 시간 동안 이온 밀링을 하는 방법, 저각에서 이온 밀링 하는 방법, 시편을 특정 각도로 회전 시키며 이온 밀링 하는 rocking-angle 법, 또는 sector-speed-control 법 등 다양한 방법들이 시도되어 왔다[1].

본 연구에서는 rocking-angle 이온 밀링 후 Atomic Force Microscopy (AFM)를 이용하여 rocking-angle 변화에 따른 differential sputtering 현상을 관찰하고[2], 이를 통하여 rocking-angle 이온 밀링의 중요한 변수 중 하나인 rocking-angle의 효과를 정량적으로 고찰하였다[3]. 실험에 사용된 시편은 반도체 산업에서 많이 사용 되고 있으나 differential sputtering 현상이 심하여 일반적인 이온 밀링법으로는 단면 관찰용 투과 전자 현미경 시편을 제작하기 어려운 것으로 알려진 Pt/Ti/SiO₂/Si, W/Si 박막을 선택하였다. Pt, W 두 박막 모두 Si에 비해 원자번호도 클 뿐만 아니라 이온 밀링 속도가 현저히 낮아 이온 밀링 후 투과 전자 현미경 관찰시 Si과의 전자 투과도 차이가 심하여 박막의 내부나 계면의 관찰이 어려워 문제가 되어왔다. 각각의 시편에 대하여 rocking-angle을 20°, 40°, 80°, 그리고 연속적으로 변화시키며 이온 밀링한 후 AFM을 이용하여 surface

morphology 변화 및 differential sputtering 현상 감소를 관찰하였다. Pt/Ti/SiO₂/Si 시편의 경우 시편을 연속으로 회전 시키며 이온 밀링 하였을 경우와 비교하여 rocking-angle 이 감소함에 따라 differential sputtering 현상이 현저히 감소하여 rocking-angle 40°에서는 기판과 film 층간의 differential sputtering 현상이 약 85% 감소함을 알 수 있었다. W/Si 시편에 대하여 박막의 두께 및 glue(G1 epoxy)의 두께 변화에 따른 이온 밀링 현상을 관찰해 본 결과 박막의 두께가 증가 할수록, differential sputtering 현상이 증가함을 알 수 있었고, glue 의 두께가 증가 할수록 differential sputtering 현상은 감소 하였으나 glue 가 기판에 비하여 더욱 깊이 이온 밀링되어 이온 밀링시 모든 박막층이 균형있게 밀링되는 것을 방해함을 알 수 있었다(Fig. 1).

이와 같은 실험을 통하여 서로 다른 재료들간의 differential sputtering 현상과 electron beam transparency 와의 관계를 결정짓는 조건들로 다음과 같은 식을 도출하였다.

$$\tau_f \propto \frac{Y_f(\theta) \cdot N_f(h, k, l)}{Z_f \cdot \delta_f}$$

τ_f : film 층의 전자 투과도

$Y_f(\theta)$: 주어진 입사각 θ 에서의 sputtering yield

$N_f(h, k, l)$: film 층의 TEM 관찰시 image 밝기에 관여하는 결정방향의 영향

Z_f : film 재료의 평균 원자 번호

δ_f : film 층의 관찰하고자 하는 부위에서의 density

위와 같은 상관관계는 기판에 대해서도 적용되며, 최종적으로 TEM 관찰에 적당한 조건은 τ_f 와 τ_s (기판에서의 전자 투과도)간의 비율로 결정된다. 이 식을 통하여 rocking-angle 을 결정짓는 조건들을 최적화 시키면

film/기판, film/film 간의 differential sputtering 문제를 효과적으로 감소시켜 기판과 film 층 모두에서 넓은 부위의 관찰영역을 갖는 최적의 시편을 제작할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌.

- [1] F. Shaapur, and K. A. Watson, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.254, 153-158(1992).
- [2] J.S.Lee, H.H.Kim, and Y.W.Jeong, accepted to Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.480(1997)
- [3] J.S.Lee, Y.W.Jeong, and S.T.Kim, Microscopy Research and Technique, Vol.33, 490-495(1996).

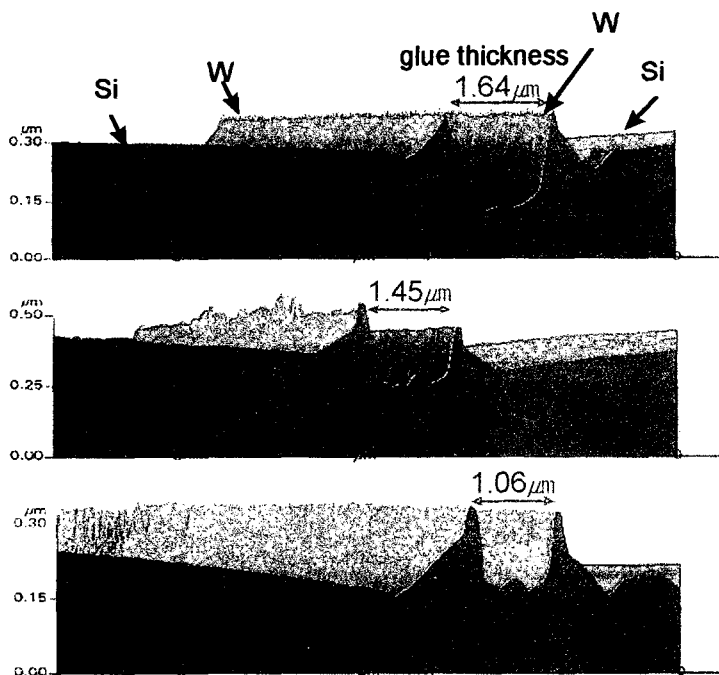


Fig. 1. AFM images which show glue thickness effect. Differential thinning effect is decreased as glue thickness is increased while height difference between W and glue is increased.