

[I~25]

다층 박막 재료의 DIFFERENTIAL SPUTTERING 현상 조절을 통한 단면 투과전자현미경 시편의 제작 및 효과 고찰

정 영우, 김 현하, 이 정수

LG 종합 기술원, 분석실

반도체 및 소자 재료 산업이 초고집적화, 다층화 되어감에 따라 단면 미세 영역에서의 내부조직 구성, 격자 결함, 다층막 계면에서의 원자배열, 박막의 두께 등에 대한 분석 평가가 중요하게 되었다. 이에 따라 투과전자현미경(transmission electron microscopy :TEM)을 이용한 분석의 역할이 증대되었고, 분석 목적과 시편 종류에 적합한 여러 가지 TEM 시편준비법이 개발, 사용되고 있다. 단면 관찰용 TEM 시편 준비에 주로 이용되는 이온밀링(ion-milling)법은 관찰하고자 하는 박막층을 마주 보도록 접합시켜 폴리싱(polishing), 딩플링(dimpling)한 후 최종 관찰 부위 두께가 수백 Å 이하가 되도록 이온밀링하는 방법이 다[1]. 그러나 일반적인 이온밀링은 시편을 일정한 속도로 연속 회전하게 되어 있어 다층막 시료의 경우에 각 층의 서로 다른 이온밀링 속도 차이에 기인한 differential sputtering 현상으로 문제가 되어왔다. Differential sputtering 현상이 심각할 경우 다층 박막 재료의 전반적인 양상을 관찰하기가 어렵게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 저각도(low-angle) 이온밀링법, rocking-angle 이온밀링법, 그리고 섹터 속도 조절(sector speed control) 이온밀링법 등이 응용되고 있다. 그 중 rocking-angle 이온밀링법[2]은 시편의 박막들이 마주 보도록 접합시킨 면을 이온빔(ion-beam)에 대하여 수직인 방향에 위치 시키고 일정한 각도로 시편을 주기운동(oscillation)시키는 방법으로 이온빔 입사 각도(ion-beam incidence angle)나 rocking-angle 등을 시편의 조건에 맞게 최적화 시키면 비교적 단시간 내에 넓은 전자 투과 영역을 가지는 시편을 얻을 수 있다[3].

본 연구에서는 반도체 및 전자 산업에서 연구되고 있는 다층 박막 재료 중 기판과 박막 또는 박막과 박막 간의 스퍼터링 속도 차이가 커서 단면 TEM 관찰이 어려운 것으로 알려진 Pt/Ti/SiO₂/Si, RuO₂/SiO₂/Si, W/TiN/SiO₂/Si, PLT((Pb,La)TiO₃)/Pb/MgO, BTO(Bi₄Ti₃O₁₂)/LCMO(La_{1-x}Ca_xMnO_{1-δ})/MgO, 그리고 GaN/Al₂O₃를 선택하였다 각각의 시편에 대하여 기판과 박막들이 적정 두께비를 유지하면서 이온밀링 되도록 rocking-angle 과 이온빔 입사 각도를 조절하여 최적 시편준비 조건을 구하였다(Table 1). 기판과 박막 간의 스퍼터링 속도 차이가 큰 경우 rocking-angle 40°에서, 기판과 박막의 스퍼터링 속도 차이가 비교적 크지 않은 경우 rocking-angle 80°에서 모든 층의 미세구조를 잘 관찰할 수 있는 단면 TEM 시편을 얻을 수 있었고, W/TiN/SiO₂/Si, GaN/Al₂O₃와 같이 기판과 박막재료의 이온밀링 속도차이가 매우 큰 경우에는 입사 이온빔 각도를 낮추어 주었을 때 더욱 만족할 만한 시편을 얻을 수 있었다. Rocking-angle 의 변화에 따른 differential sputtering 양상을 관찰하기 위하여 Pt/Ti/SiO₂/Si 시편의 rocking-angle 을 20°, 40°, 80° 및 연속회전 모드(360° rotation)로 변화시켜가며 이온밀링한 후, AFM (Atomic Force Microscopy)으로 표면 형태(surface morphology)를 관찰하였다. AFM 관찰 결과 시편이 연속으로 회전하며 이온밀링 되었을 때 발생하던 박막과 기판과의 상당한 differential sputtering 현상이 rocking-angle 이 작아짐에 따라 감소하였다(Fig. 1). Rocking-angle 40°에서는 연속회전 모드로 실험했을 때 보다 금속 박막층과 Si 기판의 높이 차이가 약 85% 감소하였음을 확인할 수 있었다. 이러한 실험을 통하여 differential sputtering 현상이 심한 박막 재료의 단면 TEM 시편준비 조건을 최적화 시킬 수 있을

것으로 기대된다.

참고 문헌

[1] J. C. Bravman, and R. Sinclair, J. Electron Microsc. Tech., Vol.1, 53 (1984).

[2] F. Shaapur, and K. A. Watson, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol.254, 153 (1992).

[3] J. S. Lee, Y. W. Jeong, and S. T. Kim, Microsc. Res. and Tech., Vol.33, 490 (1996).

Table 1. Optimized rocking-angles and ion-beam incidence angles for various kinds of multilayers.

	Pt/Ti/SiO ₂ /Si	W/TiN/SiO ₂ /Si	RuO ₂ /SiO ₂ /Si	PLT/Pt/MgO	BTO/LCMO/MgO	GaN/Al ₂ O ₃
Rocking-angle	40	40	60	80	80	40
Incidence angle of Ar ⁺ beam	15	15→9	15	15	15	15→9

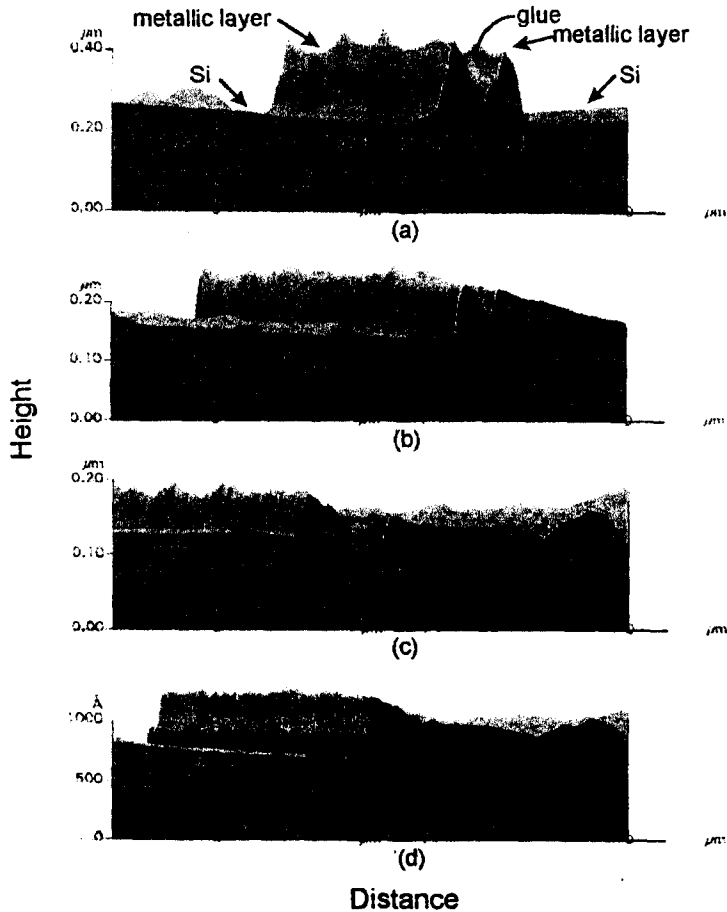


Fig. 1. AFM images of the cross-sectional Pt/Ti/SiO₂/Si TEM samples stacked face-to-face each other. The samples were ion-milled with different rocking-angles : (a)continuous mode, (b)80°, (c)40°, and (d)20°.