

**HRTEM 과 HAADF-STEM/EELS에 의한 poly-Si/ZrO<sub>2</sub>/Si  
박막의 결정학적 특성 및 계면 반응 평가**  
**Microstructural characterizations of the poly-Si/ZrO<sub>2</sub>/Si film  
using HRTEM and HAADF-STEM/EELS**

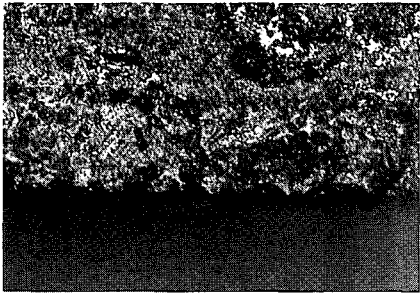
(주)하이닉스반도체 메모리(연) 분석개발팀 김종정, 양준모, 고중규, 박주철, 이순영  
국방과학연구소 기술연구본부 5부 5팀 김정선, 김근홍

차세대 반도체 소자 게이트의 유전체재료로 최근 연구되고 있는 ZrO<sub>2</sub> 박막의 열처리에 따른 결정학적 특성 및 전극물질과의 계면 반응을 HRTEM 과 HAADF(High-angle annular dark field)-STEM/EELS(Electron energy loss spectroscopy) 기법에 의하여 평가하였다. ZrO<sub>2</sub> 박막은 ZrCl<sub>4</sub> 와 H<sub>2</sub>O vapor 를 출발물질로 하여 ALD(Atomic Layer Deposition) 법으로 제조되었다.

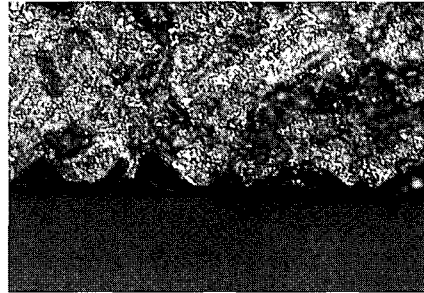
P증 4m2) 을 주상으로 하고 monoclinic (공간군 P21/C) 상이 일부 혼재 되어 있음이 SAD pattern 과 HRTEM 상의 해석에 의하여 확인 되었다(Fig .1). 착된 박막은 열처리에 따라 박막의 두께가 일정하게 유지 되었으나, Si 기판과 ZrO<sub>2</sub> 사이에 형성된 비정질 박막의 두께는 점점 증가하였다. ZrO<sub>2</sub> 박막의 결정구조는 tetragonal (공간군 P4m2) 을 주상으로 하고 monoclinic (공간군 P21/C) 상이 일부 혼재 되어 있음이 SAD pattern 과 HRTEM 상의 해석에 의하여 확인 되었다(Fig .1).

Poly-Si/ZrO<sub>2</sub> 과 ZrO<sub>2</sub>/Si기판의 계면에 형성된 반응층의 화학결합상태와 원소의 분포를 평가한 결과, Poly-Si 전극과 ZrO<sub>2</sub> 박막 사이에는 SiO<sub>2</sub> 미세 반응층이 존재함을 EELS 스펙트럼 상의 O K-edge peak 의 shift 및 형태의 변화를 통해 알 수 있었으며, Si 기판과 ZrO<sub>2</sub> 박막사이에 존재하는 비정질 박막은 SiO<sub>2</sub> 과 Zr 이 공존하는 물질이었다(Fig.2). 한편 HRTEM 상 해석 결과 poly-Si 전극과 ZrO<sub>2</sub> 사이의 상호 반응에 의해 형성된 Zr<sub>5</sub>Si<sub>4</sub> (tetragonal : P41212) 또는 ZrSi<sub>2</sub> (orthorhombic : Cmcm) 으로 평가된 석출물 형태의 실리사이드가 ZrO<sub>2</sub> 박막 내에 존재함을 알 수 있었다(Fig.3).

이상의 분석 결과로부터 반도체 소자의 전기적 특성에 큰 영향을 주는 나노 영역 미세 계면반응물의 구조 및 조성 평가를 위해 HRTEM 과 연계된 HAADF-STEM/EELS 기법이 매우 유용함을 알 수 있었다.

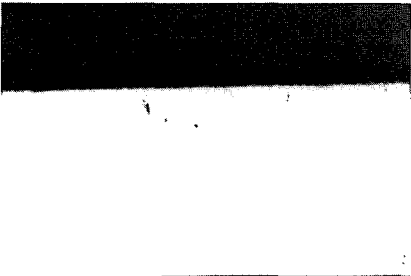


(a)

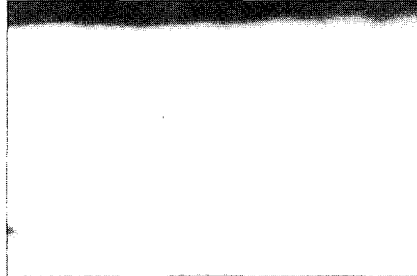


(b)

Fig. 1. image of cutting plane : (a)  $\times 50$ , (b)  $\times 100$



(a)



(b)

Fig. 2. image of plane after small jig polishing : (a)  $\times 100$ , (b)  $\times 500$