

# 분광타원계측에 의한 극미세 게이트 산화막의 광특성 측정

## Measurement of Optical Properties of Ultrathin Gate Oxide Films by Spectroscopic Ellipsometry

조현모

한국표준과학연구원 광기술표준부

hmcho@kriss.re.kr

차세대 반도체 및 나노소자 산업에 대한 국제적 기술은 고밀도 직접화의 추세에 따라서 게이트 산화막(gate oxide)의 두께가 급속히 작아지는 추세이다. 2000년 ITRS(International Technology Roadmap for Semiconductors)에 의하면 logic IC의 equivalent oxide thickness는 2001년 1.5-1.9 nm 정도로 얇아질 것으로 보고하고 있다. 타원계측법(ellipsometry)은 전기적인 방법이나 TEM, AFM, SEM 등의 두께 측정 방법과는 다르게 *in situ*, 실시간, 비접촉, 그리고 비파괴적인 측정방법 등의 특성으로 인하여 반도체 산업 현장의 각 라인에서 박막 두께 측정용 장비로 사용되고 있다.

지금까지 이산화규소(SiO<sub>2</sub>)가 gate 산화막으로 주로 사용되고 있으며 이에 대한 많은 연구가 수행되고 있다. Si-SiO<sub>2</sub> 계의 특성평가를 위하여 단파장 타원계측법, immersion 타원계측법, 분광타원계측법(spectroscopic ellipsometry) 등이 사용되어 왔다. 그러나 타원계측방법을 사용한 극미세 박막의 측정에서 박막의 두께와 굴절률을 동시에 측정하면 오차가 발생할 수 있다. 따라서 아주 얇은 박막에 대한 타원계측법의 측정 신뢰도를 향상시키기 위해 다른 측정장치들과 측정결과를 비교하는 연구가 요구되고 있다. 본 연구에서는 MEIS(medium energy ion scattering spectroscopy)와 TEM(transmission electron microscopy)을 사용하여 동일한 SiO<sub>2</sub>/Si 시료를 측정 분석하고 측정결과를 비교 분석하였다<sup>(1)</sup>.

극미세 박막의 두께 측정에서는 박막 굴절률의 정확한 측정이 매우 중요하며 실리콘 기판과 산화막 사이에 존재하는 1 nm 정도의 계면특성이 굴절률과 두께측정에 큰 영향을 주기 때문에 이를 정확히 분석할 수 있어야 한다. 실험에 사용된 실리콘웨이퍼는 국내반도체 회사들에서 두께 기준용 인증표준물질로 사용하기 위해 제작되었으며 시료는 붕소(Boron) 불순물이 첨가된 p형이고, 크기는 8 inch이며, (100) 면과 8~10 Ω-cm의 비저항 등의 특성을 갖는다. 박막시료의 두께는 2 nm ~ 8 nm이고 시료들에 대한 타원계측상수( $\Psi$ 와  $\Delta$ )는 250 nm ~ 800 nm의 파장에서 광변조 타원계측기를 사용하여 입사각 70°와 75°에서 측정하였다.

MEIS는 100 keV의 H<sup>+</sup>, He<sup>+</sup> 이온이 고체의 표면 및 내부에서 산란되는 과정에서의 에너지 손실을 10<sup>-3</sup>의 에너지 분해능으로 정밀하게 측정하여 원자층의 깊이 분해능으로 박막의 원소 조성의 깊이 분포를 측정할 수 있으며 이온빔의 channeling/blocking 효과를 이용하여 원자 구조에 대한 정보를 얻을 수 있어 초박막의 표면 및 계면의 조성, 구조에 대해 아주 유용한 분석기술이다.<sup>(2)</sup> 산소와 실리콘의 깊이분포는 MEIS 스펙트럼을 모사하기 위한 simple binary 산란과 electronic stopping process를 기반으로 한 이온산란분석 프로그램으로 분석하였다. 그림 1은 3.7 nm gate oxide에 대한 이중 광축정렬 조건(double alignment condition)에서 100 keV H<sup>+</sup> MEIS 스펙트럼을 보여준다. HRTEM 분석에서 비정질 SiO<sub>2</sub> 층의 두께는 실리콘 격자의 (111) 무늬 간격과 비교하여 측정하였다. 0.18 nm의 분해능을 가지며 300 keV에서 작동되는 H9000-NAR로 미세구조를 관찰하였다. 그림 2는 7.4 nm 두께의 SiO<sub>2</sub> 박막시료의 HRTEM 사진이

다. 산화막의 유효굴절률은 three-phase model(공기/oxide 박막/실리콘 기판)에서 Sellmeier 근사에 의해 얻어지며 유효산화막두께는 유효굴절률로부터 계산된 박막두께이다. 그림 3은 유효산화막두께를 기준으로 two-film model(공기/SiO<sub>2</sub> 박막/계면/실리콘 기판)에서 구한 순(net) SiO<sub>2</sub>두께(SiO<sub>2</sub> 두께에다 계면 두께에 SiO<sub>2</sub> 체적비를 곱한 두께를 합한 것), 전체 박막두께(SiO<sub>2</sub> 두께와 계면두께의 합) 등과 비교하여 보여준다. 그림 4는 분광타원계측으로 측정된 유효산화막두께를 MEIS와 HRTEM의 측정결과와 비교하여 보여준다. 유효산화막두께가 MEIS의 산소 peak로부터 구한 두께와 HRTEM의 측정 결과와 잘 일치함을 알 수 있다.

참고문헌

1. H. M. Cho, Y. W. Lee, I. W. Lee, D. W. Moon, H. J. Lee, B. Y. Kim, H. J. Kim, S. Y. Kim, and Y. J. Cho, J. Vac. Sci. Technol. B, **19**, 1144 (2001).
2. J. C. Lee, C. S. Chung, H. J. Kang, Y. P. Kim, H. K. Kim, and D. W. Moon, J. Vac. Sci. Technol. A **13**, 1325 (1995).

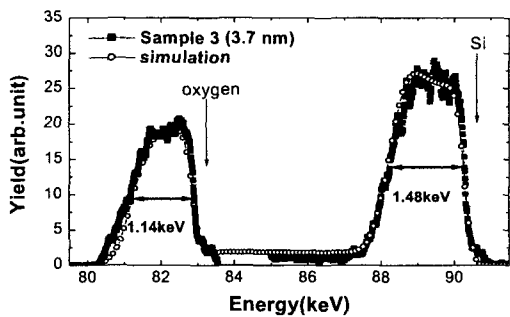


그림 1 125° 산란각의 이중 광축정렬 조건에서 100 keV H<sup>+</sup> MEIS 스펙트럼

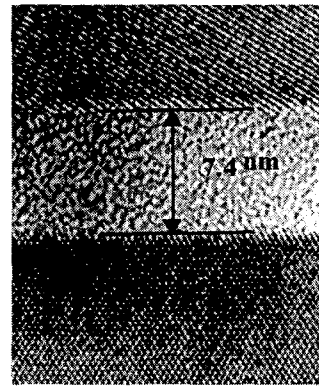


그림 2 고분해능 TEM 이미지

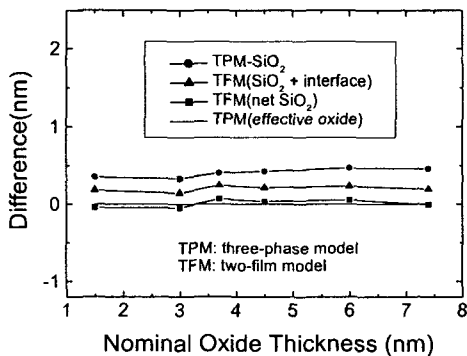


그림 3 유효산화막두께를 기준으로 비교한 여러 방법의 박막두께

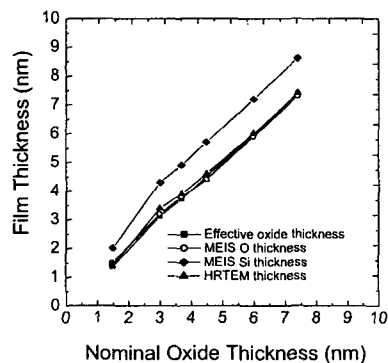


그림 4 MEIS와 HRTEM의 결과와 비교한 유효산화막두께.