

분광결상 타원계측기를 이용한 박막두께 측정

One dimensional film thickness measurement using spectral imaging ellipsometer

제갈원, 김현중, 조용재, 조현모, 이운우, 김수현*
한국표준과학연구원 광기술표준부, *한국과학기술원 기계공학과
wchegal@kriss.re.kr

타원계측법은 박막두께 측정에 있어서 수 옴스트롬(Å)의 높은 정밀도를 유지하며 측정할 수 있는 박막두께 계측법으로 알려져 있다. 기존의 범용으로 많이 사용되는 구조의 타원계측기는 분광 타원계측기나 단파장 타원계측기이다. 이들은 각각 측정시료에 대하여 측정광의 크기에 따라 일정한 영역의 평균값의 분광 타원계측각, Δ 와 Ψ 를 측정하여 일정한 면적의 평균 박막 두께를 구하거나, 다점 측정점에 대한 단파장 타원계측각의 측정을 통하여 다점 측정점에 대한 박막 두께 값들을 얻는다.

최근 반도체 산업의 비약적 발전과 나노-바이오 산업의 성장으로 인하여, 다점 측정점에 대한 박막 두께 측정 및 계면에서의 현상을 보다 빠르고 효율적으로 측정할 수 있는 계측기가 요구된다. 일반적으로 광학식(optical)과 비파괴적(non-destructive) 측정의 장점을 가지고 있는 타원계측법은 그 해법 중의 하나로 인식되고 있다.^[1-3]

타원계측법과 분광결상법을 결합한 분광결상 타원계측법은, 다점의 측정점에 대하여 분광 타원계측각을 측정함으로써, 보다 많은 측정점에 대하여 정확한 박막 두께를 효율적으로 측정할 수 있는 장점이 있다. 타원계측기의 구조를 유지하며 분광결상을 구현하기 위해서 입사슬릿, 실린더형 이중렌즈와 2차원 CCD(charge coupled detector) 카메라로 구성되어 있는 단축결상 분광기를 제작하였다.^[4] 제작된 단축결상 분광기는 파장 정확도 1 nm 이하, 공간 분해능 100 μm , 파장 분해능 15 nm 의 성능을 나타내었다. 분광결상 타원계측기는 회전 편광기/검광기형의 타원계측기 구조를 기반으로 하여, 콜리메이팅된 백색광원과 결합하여 제작하였다. 입사각은 70° 로 고정된 입사각 고정형이며, 편광기와 검광기는 스텝 모터와 DC 모터를 이용하여 각도 분해능 0.001 도 이하가 되도록 하였다.

분광결상 타원계측기에서 측정되는 타원계측각의 계산을 위해서는 PSA(polarizer/sample/analyzer) 계의 타원계측기 모델을 기본으로 하여 존스 행렬법으로 구한다. 하지만, 단축결상 분광기를 구성하는 실린더형 이중렌즈와 투과형 회절격자가 이색성(dichorism)을 나타내기 때문에 존스 행렬의 계산에 이들의 효과를 고려하여 식 (1)과 같이 이색성 인자, γ 를 고려하여 모델링하였다.

$$\begin{aligned} \tilde{E}_{out}^{xy} &= \begin{pmatrix} \gamma & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(A-A_0) & -\sin(A-A_0) \\ \sin(A-A_0) & \cos(A-A_0) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(A-A_0) & \sin(A-A_0) \\ -\sin(A-A_0) & \cos(A-A_0) \end{pmatrix} \\ &\times \begin{pmatrix} r_p & 0 \\ 0 & r_s \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(P-P_0) & -\sin(P-P_0) \\ \sin(P-P_0) & \cos(P-P_0) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(P-P_0) & \sin(P-P_0) \\ -\sin(P-P_0) & \cos(P-P_0) \end{pmatrix} \tilde{E}_{in}^{xy} \end{aligned} \quad (1)$$

제작된 분광결상 타원계측기는 그림 1과 같이 광원부, 편광기, 시료받침대, 검광기, 결상 분광기로 구

성하였다. 타원계측기의 성능을 평가하기 위하여 실리콘 웨이퍼 위에 1차원 선 형태의 SiO₂ 패턴 박막이 형성된 시료의 두께 측정 실험을 수행하였다. 측정시료는 각각 1 mm와 200 μm의 선폭을 가지며, 그 결과는 그림 2에 나타냈다. 기저층-박막-대기의 3상계 모델을 이용하여 최소자승의 최적화법으로 두께를 구한 결과 제작된 분광결상 타원계측기와 상용품의 분광 타원계측기를 이용하여 측정한 박막 두께 값은 각각 122.0 nm, 124.7 nm와 222.9 nm와 225.0 nm로 박막두께 측정오차 5 nm 이하의 값을 구할 수 있었다.

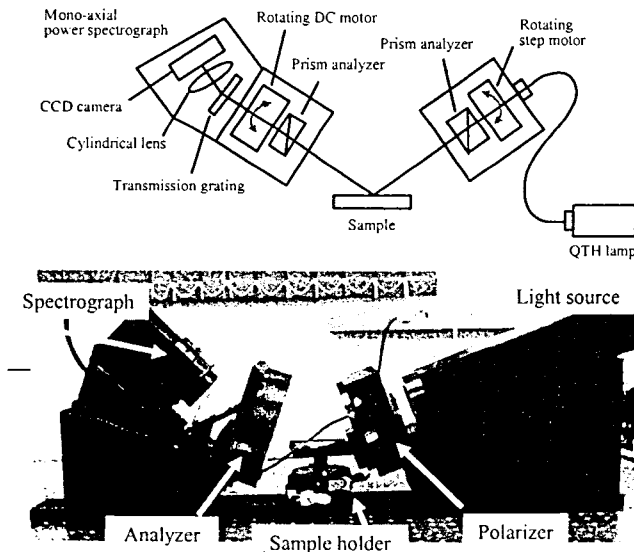
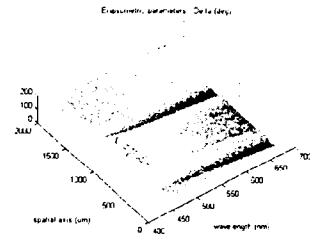
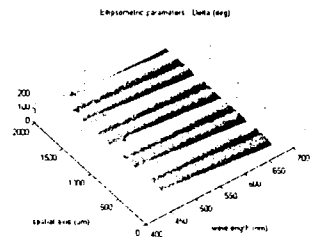


그림 1. 단축결상 분광기를 이용한 분광결상 타원계측기



(a) 선폭 1 mm



(b) 선폭 200 μm

그림 2. 1차원 선형태의 패턴을 가지는 박막 시료의 타원계측각 측정 결과

F
A

1. R. W. Collins, Joohyun Koh, H. Fujiwara, P. I. Rovira, A. S. Ferlauto, J. A. Zapien, C. R. Wronski and R. Messier, "Recent progress in thin film growth analysis by multichannel spectroscopic ellipsometry," *Applied Surface Science*, Vol. 154-155, pp. 217-228, 2000.
2. Danny van Noort, Jens Rumberg, Edwin W. H. Jager, Carl-Fredrik Mandenius, "Silicon based affinity biochips viewed with imaging ellipsometry," *Meas. Sci. Technol.*, Vol. 11, pp. 801-808, 2000.
3. Jonh Lekner, "Ellipsometry of surface films on a uniform layer," *Opt. Soc. Am. A*, Vol. 5, pp. 1044-1047, 1988.
4. Won Chegal, Soohyun Kim, Yoon Keun Kwak, Hyumo Cho and Yunwoo Lee, "Mono-axial power spectrograph for a spectral imaging ellipsometer: design and experimental results," *Meas. Sci. Technol.*, Vol. 14, pp. 558-562, 2003.