

Ellipsometry에서의 Calibration 및 입사면 고정형 Ellipsometer

경재선[†] · 오혜근* · 안일신* · 김옥경*

[†]*한양대학교 물리학과

Calibration and a Plane of Incidence Fixed Ellipsometer

Jai Sun Kyoung[†], Hye Kuen Oh*, Il Sin An*, and Ok Kyung Kim*

[†]*Department of physics Hanyang University

ABSTRACT

The general users find difficulties in using ellipsometers. Thus, the object of this study is to construct an ellipsometer with simple operation principle. We developed an ellipsometer which does not require alignment and calibration before measuring sample. A basis structure model after rotating a compensator spectroscopic ellipsometry, the fixed incidence angle at 70°. This ellipsometer does not demand calibration, because the plane of incidence is not changed due to the novel sample holder structure. The results for various standard samples were compared with those from conventional RCSE to test the performance of this instrument. Also repeated measurements were performed to test the precision of the calibration coefficient in a plane of incidence fixed.

Key Words : Calibration and Fixed a Plane of Incidence , Residual Calibration, Phase Calibration

1. 서 론

Ellipsometry는 다른 장비에 비해 엄청나게 많은 응용분야에 사용되는 만큼 기술적으로 복잡함이 있어서 다양한 응용분야에 적당한 여러 종류의 ellipsometer가 있는데 주로 연구소나 반도체 산업을 위주로 한 각종 박막, 재료 관련 산업현장에서 많이 사용되고 있다. 다양한 종류의 ellipsometer중에 주로 사용되는 것은 Rotating Polarizer Ellipsometry(RPE), Rotating Analyzer Ellipsometry(RAE), Rotating Compensator Ellipsometry(RCE)등이 있다.

Ellipsometry는 측정을 하기 전에 반드시 해야 할 과정이 있다. 광 측정기술이기 때문에 source로 사용하는 빛을 각각의 광부품과 측정하고자 하는 시편에 잘 정렬 시켜야 하는데 이것을 alignment라고 한다. Alignment를 마친 후 polarizer, analyzer같은 광부품들은 광축을 가지고 있기 때문에 시편을 놓을 때마다 조금씩 변하는

입사면을 찾고 이 입사면을 기준으로 하여 광부품들의 위치각을 찾아야 하는데 이것을 calibration이라고 한다. 대부분 이 calibration시간이 실제 측정시간보다 훨씬 긴 경우가 많다. Calibration과정에서 ellipsometer종류에 따라 광부품의 수가 늘어나면 찾아야 하는 위치각도 그만큼 늘어나게 된다. RCE는 위상지연보상판인 compensator를 사용함으로써 반사광이 선형 편광에 가까워질 때 생기는 실험 오차를 줄일 수 있고, polarizer와 analyzer가 데이터를 얻는 동안 그 위치가 고정되어 있으므로 광원이 가지고 있는 잔류 편광이나 검광기가 가지고 있는 polarization sensitivity의 문제가 전혀 없는 장점을 가지고 있다. 즉 RPE, PAE가 지니고 있는 단점을 없앤 ellipsometry인 것이다. 하지만 RPE, RAE보다 calibration과정이 polarizer, analyzer는 물론 compensator의 위치각까지 찾아야 하기 때문에 훨씬 더 복잡하다. 이러한 이유 때문에 일반사용자들은 ellipsometer를 사용이 어려운 장비로 인식하고 있다.

본 연구는 초보자들이 손쉽게 사용할 수 있는 ellipsometer를 제작하는데 목적이 있다. 따라서 측정하기 전에 반드시 해야 할 과정인 alignment와 calibration을

[†]E-mail : csc009@netian.com

하지 않고 측정할 수 있도록 제작하였다. Calibration 및 입사면 고정형 ellipsometer는 RCE의 기본적인 구조와 기능을 사용하며 입사각을 70도로 고정시키고, 기존의 sample holder 구조를 바꾸어 어떠한 시편을 놓아도 입사면이 변하지 않게 하여 polarizer, analyzer의 위치각이 변하지 않고 compensator가 회전할 때 초기 위치각이 항상 일정하게 되어, 많은 시간이 필요했던 alignment와 calibration 과정을 초기에 해놓을 수 있었다. 그리하여 시간과 수고를 절약할 수 있고, 무엇보다도 측정할 때 초보자도 쉽게 ellipsometer를 사용할 수 있다는 것이 장점이라고 할 수 있겠다. 또한 장비의 성능, 정밀도 그리고 고정된 입사면의 calibration 상수의 신뢰도를 검사하기 위하여 여러 가지 표준시료를 측정하였다.

2. 이 론

RPE에서 쓰이는 calibration 방법은 residual calibration과 phase calibration을 사용한다. 영점을 기준으로 -5에서 +5도 사이에 analyzer 각(A)을 일정 간격씩 움직여 가면서 다음의 residual 함수(R)와 phase 함수(Θ)를 측정하게 된다.

$$R = 1 - (\alpha^2 + \beta^2) \quad (1)$$

$$\Theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\beta'}{\alpha'} \quad (2)$$

여기서 α' 과 β' 은 ellipsometry 측정시 얻은 normalized Fourier 계수이다. 이 함수들 속의 Fourier 계수를 시편이 지닌 물리량인 Δ, Ψ 로 바꾸어 표현하면 이들 함수는 입사면 근처에서 다음과 같은 근사식이 된다.

$$R(A) \sim \{2 \sin \Delta \cos \Psi\}^2 (A - A_s)^2, |A - A_s| \ll 1 \quad (3)$$

$$\Theta(A) \sim P_s + \cot \Psi \cos \Delta (A - A_s), |A - A_s| \ll 1 \quad (4)$$

RCE에서는 RPE와 같이 residual calibration과 phase calibration을 사용하지만 compensator 때문에 수식은 좀더 복잡하다. 다음과 같은 residual 함수(R)와 phase 함수(Θ)를 측정하게 된다.

$$R_2 = I_0^2 (\alpha_2^2 + \beta_2^2) \quad (5)$$

$$\Theta_4 = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\beta_4'}{\alpha_4'} \right) \quad (6)$$

$$\Theta_2 = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\beta_2'}{\alpha_2'} \right) \quad (7)$$

RPE와 마찬가지로 Fourier 계수를 Δ, Ψ 로 바꾸어 표현하면 이들 함수는 입사면 근처에서 다음과 같은 근

사식이 된다.

$$R_2(P) \sim (\tan \Psi \sin \Delta)^2 (P - P_s)^2, P = P_s \quad (8)$$

$$\Theta_4(P) \sim 2C_s + A' + \cot \Psi \cos \Delta (P - P_s), P = P_s \quad (9)$$

$$\Theta_4(P) \sim 2C_s + A' + \tan \Psi \cos \Delta \{P - (P_s + \pi/2)\}, \\ P = P_s + \pi/2 \\ \Theta_2 = -(C_s + A) \quad (10)$$

따라서 polarizer 0도 근처(P_s)를 움직이면서 20회 정도 측정 한 값들로부터 상기 근사식과 같은 관계를 유도하며 이 관계식으로부터 polarizer, analyzer, compensator의 위치각을 찾아내는 것이다. 그런데 시편 alignment가 달라질 때마다 입사면이 변하기 때문에 그때마다 입사면을 기준으로 측정하는 위치각을 calibration 관계식을 이용하여 찾아야 한다.

Alignment와 calibration이 필요 없게 하기 위해서는 측정할 시편을 놓을 때 마다 항상 같은 입사면이 나오도록 해야 했기 때문에 주로 쓰이는 70도로 입사각을 고정시키고 Fig. 1과 같은 system으로 제작하였다.

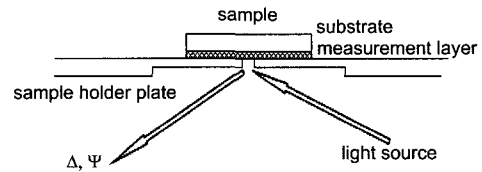


Fig. 1. The principle of fixed calibration and a plane of incidence.

Fig. 2에서처럼 시편의 측정할 면을 아래방향으로 놓는 것이 중요하고, 광부품을 연결하고 있는 arm이 내부에 70도의 입사각으로 고정되어있음을 알 수 있다.

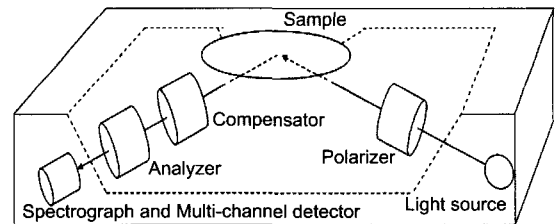


Fig. 2. Construction of the whole and the inside in calibration and fixed incidence angle type ellipsometer.

3. 실험 및 실험결과

측정에 사용된 light source는 분광범위가 340 nm부터 840 nm까지인 halogen lamp이며, Glan-Taylor형의 polarizer(analyzer), MgF_2 compensator를 사용하였다.

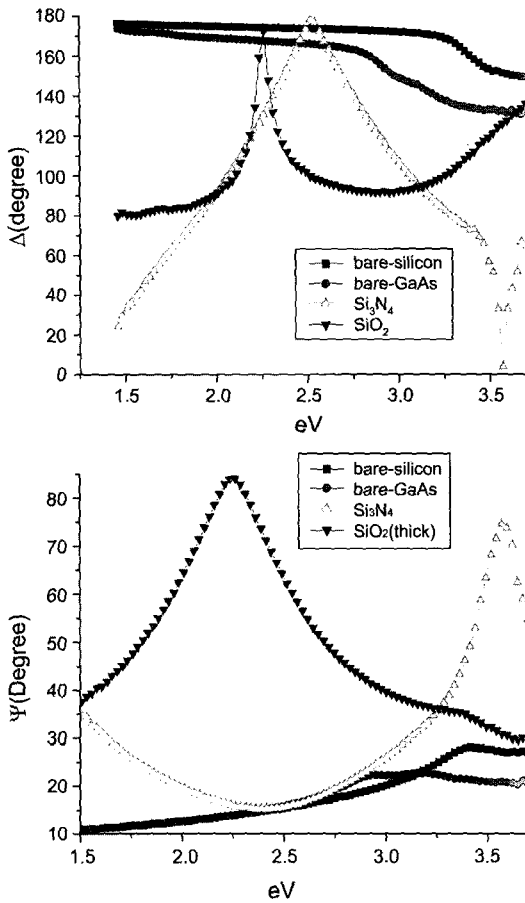


Fig. 3. Calibration and fixed incidence angle type ellipsometer spectra of each standard sample.

장치의 성능 및 정밀도를 검사하기 위하여 Fig. 3과 같이 표준시료를 측정하였다. 표준시료로는 crystallian silicon wafer, Gallium Arsenide wafer, Si₃N₄, SiO₂ (thick)을 사용하였고, Calibration 및 입사면 고정형 ellipsometer와 일반적인 구조의 RCSE 측정 결과를 비교하여 측정하였다.

기존의 일반적인 RCSE의 구성 광부품은 calibration 및 입사면 고정형 ellipsometer와 같지만 light source는 분광 범위가 240 nm부터 850 nm까지인 Xe arc lamp 인 것이 다르다.

측정을 반복할 때마다 c-Si wafer를 재배치하여 입사면의 calibration 상수 값이 고정됨을 보았고, 상수 값의 오차율은 0.43%였다. c-Si wafer를 25회 재배치 할 때마다 같은 point를 측정할 때 두께 측정 결과의 오차율을 보았다. Fig. 4에서 처럼 같은 파장에서의 Δ 값이 최대 0.3도 차이가 있음을 볼 수 있었고, 이것은 산화

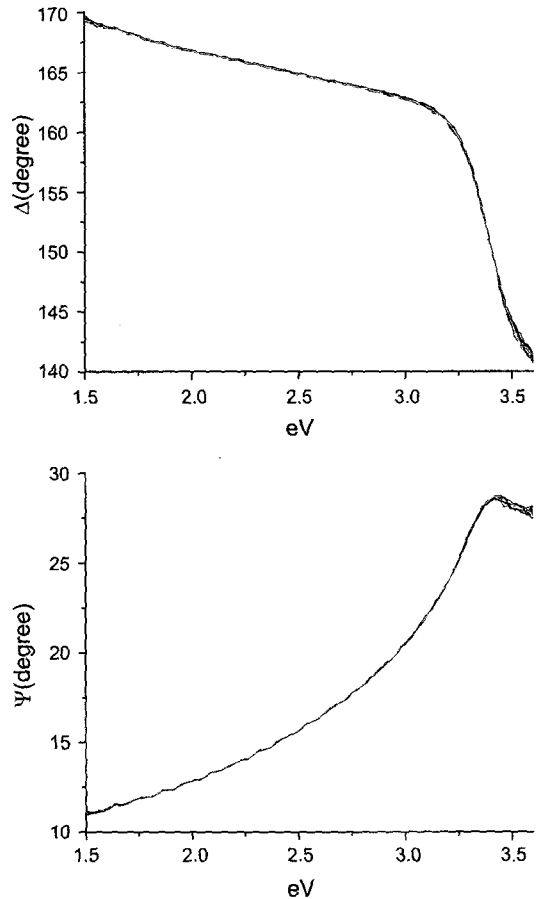


Fig. 4. Test the precision of the calibration coefficient in a plane of incidence.

Table I. Comparison the results for various standard samples from calibration and fixed a plane of incidence type ellipsometer with those from conventional RCSE

	Calibration 및 입사면 고정형 ellipsometer	일반 RCSE
c-Si wafer	15Å(산화막)	15Å(산화막)
GaAs wafer	16Å(산화막)	16Å(산화막)
Si ₃ N ₄	1331.9±5Å	1326±5Å
SiO ₂ (thick)	1226.3±5Å	1220.1±5Å

막 두께로 계산해보면 약 1Å의 차이가 있음을 알 수 있었다.

여러 가지 실험 결과 일반적인 RCSE의 성능에 뒤떨어지지 않음을 알 수 있었다. 물론 분광영역은 light source때문에 차이가 있었다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 ellipsometer는 사용하기 어렵다는 일반적인 생각을 없애기 위해서 사용하기 쉬운 ellipsometry를 만드는데 목적을 두었다. 측정하기 전에 많은 시간과 수고를 할애하는 alignment와 calibration과정을 근본적으로 없앨 수 있는 방법으로 입사면을 고정시키고 어떤 시편을 측정하던지 입사면이 변하지 않는 sample holder를 사용하였다. 그리하여 RCE의 장점을 가지면서 성능 또한 뒤떨어지지 않는 입사면 고정형 ellipsometer를 제작할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한양대학교 교내연구 특성화연구팀 공모사업(HY-2002-T)으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 안일신, “엘립소미트리”, 한양대학교 출판부, pp. 158-167 (2000).
2. Azzam, R.M.A. and Bashara, N.M. “Ellipsometry and Polarized Light”, North Holland, Amsterdam, pp. 417-486 (1977).
3. Park, M.K. “Calibration Method for Rotating Compensator Spectroscopic Ellipsometer”, M.S. Thesis, The Hanyang University, (2000).