

## 12" 웨이퍼 Spin etcher용 실시간 박막두께 측정장치의 개발

김노유\* · 서학석\*\*

### Development of Real Time Thickness Measurement System of Thin Film for 12" Wafer Spin Etcher

Nohyu Kim\* and Hacksuk Seo\*\*

#### ABSTRACT

This paper proposes a thickness measurement method of silicon-oxide and poly-silicon film deposited on 12" silicon wafer for spin etcher. Halogen lamp is used as a light source for generating a wide-band spectrum, which is guided and focused on the wafer surface through a optical fiber cable. Interference signal from the film is detected by optical sensor to determine the thickness of the film using spectrum analysis and several signal processing techniques including curve-fitting and adaptive filtering. Test wafers with three kinds of priori-known films, polysilicon(300 nm), silicon-oxide(500 nm) and silicon-oxide(600 nm), are measured while the wafer is spinning at 20 Hz and DI water flowing on the wafer surface. From experiment results the algorithm presented in the paper is proved to be effective with accuracy of maximum 0.8% error.

**Key Words :** Interferometry, Thin film, White light, Thickness measurement

## 1. 서 론

반도체 제조 공정의 핵심 장비인 웨이퍼 spin etcher는 고속으로 회전하는 웨이퍼 표면에 chemical을 분사하여 표면의 막질(film)을 제거하는 장비로서 plasma를 이용한 dry etcher에서와 같이 웨이퍼가 정지하여 있지 않고 고속으로 회전하며 웨이퍼 표면에 chemical이 빠르게 유동하고 있는 상태이기 때문에 식각률이 매우 높아 수초 동안에 식각이 완료되므로 원가절감과 높은 생산성으로 향후 12" wafer의 에칭공정에서 중요하게 활용될 전망이다. 그러나 기존에 사용되던 wet station과 같이 시간이 많이 소요되는 습식식각 방법과는 달리 식각 시간의 제어만으로는 식각 공정의 관리가 쉽지 않은 단점이 있다[1,2]. 그러므로 식각 상태(etching rate 및 잔존 두께측정)를 정확히 모니터링하지 않으면 식각 후 uniformity가 나쁘거나 과도한 식각, 또는 부분 식각의 우려가 높다. 이러한 식각량을 정확히 측정

하기 위해서 사용되고 있는 end-point detection (EPD) 기술은 식각률을 측정함으로써 식각공정의 종료시점을 예측하는 기술로서 웨이퍼 식각 공정에서 필수적인 핵심 측정기술인데 식각 중의 uniformity나 두께는 물론 run-to-run제어, process drift를 감지하여 etching공정의 정도를 높이는데 중요한 수단이라고 할 수 있다. 본 연구는 이러한 12" 웨이퍼 용 spin etcher에서 사용할 수 있는 박막두께 측정장치와 측정 소프트웨어를 개발하였으며 실험을 통하여 이를 검증하였다.

## 2. 이 론

### 2.1. 광의 간섭 모델

광이 매질 내를 전파할 때 발생하는 전기장 E는  $E = E_0 e^{i(\omega t + p \cdot \gamma + \phi)}$ 로 표시되며  $p \cdot \gamma$ 는 매질의 광학 특성과 경로에 따른 위상변화를 표시하는 매질에서의 propagation vector  $p$ 와 파동의 위치벡터  $r$ 에 결정된다. 매질에서의 복소수 굴절계수(refractive index)를 진공

(공기) 중에서의 propagation vector  $k_0 \left( = \frac{2\pi}{\lambda_0} \right)$ 에 포

\*한국기술교육대학교 메카트로닉스 공학부

\*\*한국기술교육대학교 대학원

합시키면 x축 방향의 1차원 광파에 대해 굴절계수  $n$ 과 감쇄계수  $k$ (extinction coefficient)를 가지는 매질 내에서 Maxwell 방정식을 만족하는 전기장은 다음처럼 쓸 수 있다.

$$E = E_0 e^{-k\left(\frac{2\pi}{\lambda_0}\right) \cdot x} e^{i\left(\omega t + n\left(\frac{2\pi}{\lambda_0}\right) \cdot x + \phi\right)} \quad (1)$$

이러한 광파가 굴절계수  $n_0$ 인 공기속에서 복소수 굴절계수  $N_1 = n_1 + ik_1$ 를 가지는 thin film의 표면과 굴절계수  $N_2 = n_2 + ik_2$ 인 substrate 경계층에서의 반사파  $E_1$ ,  $E_2$ 의 진행거리의 차이에 의한 위상차는

$$\Delta\Psi = \left(\frac{2\pi}{\lambda_0}\right)(n_1\Delta x + 2dn_0\sin\theta_0\tan\theta_1) \quad (2)$$

이며 각 경계면에서의 반사와 투과 시에 의해 수반되는 위상변화는 공기와 thin film의 경계면 반사의 경우, 수직입사일 때[3]

$$\Delta\phi_1 = \text{atan}\left(\frac{2k}{n_0^2 - n_1^2 - k_1^2}\right) \quad (3)$$

이며 thin film 전체에서 발생하는 반사에 의한 위상변화는

$$\Delta\phi_2 = \text{arg}\left(\frac{n_0 - Y}{n_0 + Y}\right) \quad (4)$$

인데  $Y$ 는 thin film 과 substrate 전체의 complex optical admittance이다[4]. 그러므로 전체 위상차  $\phi$ 는  $\phi = \Delta\Psi + \Delta\phi_1 + \Delta\phi_2$ 이 된다.

Fig. 2에서  $U_1$ ,  $U_2$ 가 중첩되어 만들어지는 광의 강도(intensity)  $I$ 는 매질(공기)의 임피던스를  $Z$ ,  $U_1$ 의 크기를  $A$ , 강도(intensity)를  $I_1$ ,  $U_2$ 의 크기를  $a$ , 강도를,  $I_2$ , 두 파동의 위상차를  $\phi$ 라고 할 때 다음처럼 계산된다(Fig. 2 참조).

$$\begin{aligned} I &= I_1 + I_2 + \frac{1}{2Z}[Aae^{i\phi} + Aae^{-i\phi}] \\ &= I_1 + I_2 + \frac{Aa}{2Z}\cos\phi \end{aligned} \quad (5)$$

이 식에서  $I_1 + I_2$ 가 항상 일정하므로 전체 합성 광의 강도는 두 파의 위상차에 따라서 변화함을 나타내고 있다.

## 2.2. 백색광을 이용한 박막두께 측정 기술

실용되고 있는 박막두께측정 시스템에서는 주로 다양한 주파수 성분을 가지는 백색 광을 이용 한다. 그 이유는 단색 광을 이용하여 입사 광과 반사광의 간섭 효과에 의한 두 파의 위상 차를 결정하는 것이 신호대 잡음비(SN ratio)가 작아서 노이즈가 많을 경우에는 많

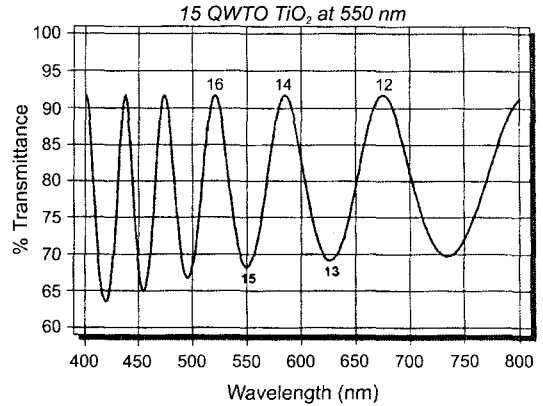


Fig. 1. Interference pattern at  $TiO_2$  film.

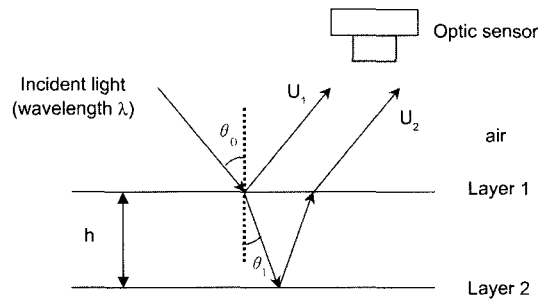


Fig. 2. Reflection waves from thin film.

은 오차를 발생시킬 수 있기 때문이다. Fig. 1은  $TiO_2$  film에 대한 이러한 간섭현상을 표시하여 주는데 x축은 백색광의 각 주파수 성분에 해당하는 파장을 나타내며 수직축은 간섭효과를 나타내고 있는데 각 파장별로 간섭의 효과의 차이에 의해서 간섭광의 강도가 반복적으로 변화하는 특성을 보여 주고있다. 수학적인 박막측정 모델을 구하기 위해 Fig. 2에서와 같은 박막의 두께를  $h$ 라하고  $\lambda$ 를 빛의 파장이라 하고  $\sigma$ 가 빛의 파수( $\sigma = 1/\lambda$ )라 할 때 각각의 경계면  $n_0/n_1$ 과  $n_1/n_2$ 에서 발생하는 반사파의 위상차  $\phi$ 는 박막의 두께가 파장에 비해 매우 작지 않고 또한 박막의 감쇄계수가 매우 작아 무시할 수 있다면 식(3)과 (4)에서의 반사에 의한 광의 위상변화는 없다고 가정 할 수 있다. 그리고 본 연구에서는 낮은 반사율을 가진 표면만을 고려하여 다중 반사는 작다고 볼 수 있으므로 고려하지 않았다.

입사광이 막위에 수직으로 입사되는 경우에는 식(2)로부터 경로차가  $\Delta x = 2h$ 로 간단히 표현되어 식 (5)는 다음과 같은 간섭광의 세기에 대한 관계식으로 변형될 수 있다[3,4].

$$I = I_1 + I_2 + \frac{Aa}{2Z}\cos\left(\frac{4\pi n_1(\lambda) \cdot h}{\lambda_0}\right) \quad (6)$$

위식에서 일반적으로 굴절률이 파장에 따라 변하므로 Cauchy model에 따른 다고 가정할 때 합성광의 세기  $I$ 는 cosine함수의 형태를 가지면서 파장과  $\lambda$ 박막의 두께  $h$ 의 변화에 따라 Fig. 1과 같은 특성을 나타낸다. 이러한 특성에 따라 관찰되는 식(3)의 형태는 파장에 대한 굴절률의 변화가 보상된 후에는 다음과 같이 크게 세 종류로 나뉘어 진다[5].

1) 박막의 두께가 파장에 비해 충분히 두꺼울 때 ( $h \gg \lambda$ ): 박막의 두께  $h$ 가 사용 광원의 파장보다 월등히 클 경우 식(3)에 의해서 cosine의 argument  $4\pi n_1 \cdot \frac{h}{\lambda}$ 가 1보다 매우 크므로 가시광선의 대역에서 관찰되는 간섭횟수가 많아지게 되는데 이때에는 최대강도와 최소강도의 수는 스펙트럼에서 여러 번 관찰된다. 이러한 경우 박막의 두께  $h$ 를 측정하는 방법은 인접한 두 개의 최대, 최소 점을  $\sigma_m, \sigma_{m+1}$ 으로 선택할 때 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$h = m \cdot (4n_1(\sigma_m))^{-1} \quad (7)$$

여기서 양의 정수  $m = \sigma_{m+1} / (\sigma_{m+1} - \sigma_m)$ 를 나타내는 정수이며 물리적으로는 박막두께를 간섭 파장의 길이의 배수로 나타낼 때의 배수를 표시한다.

2) 박막의 두께가 파장과 비슷한 크기를 가질 때  $h \approx \lambda$ : 이 경우에는 간섭횟수가 1회만이 존재하는데 간섭이 보강간섭이 될 때와 상쇄간섭이 일어날 때에 따라 다음처럼 두 경우로 나뉘어 박막의 두께가 결정될 수 있다.

- 최소 값만이 존재하는 경우:

$$h = (2n_1\sigma)^{-1} \quad (8)$$

- 최대 값만이 존재하는 경우 :

$$h = (4n_1\sigma)^{-1} \quad (9)$$

3) 박막의 두께가 파장에 비해 작을 때 ( $h < \lambda$ ) 이 때에는 간섭효과의 극대점이 존재하지 않아 박막의 두께  $h$ 는 다음과 같이 결정된다.

$$h = \frac{\sqrt{f(\sigma)}}{4\pi n_1} \quad (10)$$

### 2.3. 신호처리 방법

앞장에서의 기본적인 박막두께 측정 방법을 이용하여 실제의 측정 데이터로부터 박막의 두께를 결정하기 위해서는 기본적인 알고리즘 외에 많은 보조적인 신호처리 기술이 필요한데 본 연구에서 사용된 방법들은 다음과 같다.

#### 2.3.1. Adaptive filtering

광 센서에서 측정된 신호는 일반적으로 외부 광원과 웨이퍼 진동, chemical hume등에 의해서 많은 노이즈를 포함하게 되며 이에 대한 적절한 제거나 저감 없이는 효과적인 두께 측정이 이루어 질 수 없다. 우선 실험 데이터의 노이즈를 감소시키지 않으면 매우 치명적인 에러를 유발 할 수 있으며 스펙트럼 곡선을 미분하는 경우에 이러한 노이즈 성분이 증폭되어 정확한 결과를 기대하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 진동, chemical등에 의한 노이즈의 제거를 위해서 adaptive filter를 채용하였다. Adaptive filter는 신호와 노이즈의 상대적 특성을 고려하여 노이즈가 작을 때는 high-pass filter처럼 작동하고 노이즈가 클 때는 low-pass filter로서 작용하여 신호를 복원하는 filter인데 광대역 파장대역에서 얻어지는  $N$ 개의 reflectance spectrum값들 중  $i$ 번째 data(pixel)를  $f_i$ 라고 하고  $f_i$ 가 signal  $d_i$ 에 random noise  $n_i$ 가 추가되어 만들어진 신호, 즉  $f_i = d_i + n_i$ 라고 가정할 때 noise의 mean값이 zero이고 variance가  $S^2$ 라면 주어진 noise의 통계적 특성과 왜곡된 signal  $f_i$ 로부터 원하는 신호에  $d_i$ 대한 근사치  $D_i$ 를 결정하는 다음과 같은 적응필터의 algorithm을 정의할 수 있다[6].

$$D_i = D_{mi} + k_i(f_i - D_{mi})$$

$$k_i = \frac{Q_i}{Q_i + S^2} \quad (11)$$

여기서,  $D_{mi}$ 와  $Q_i$ 는 신호  $d_i$ 에 대한 priori mean과 variance를 나타내며  $E$ 를 기대값을 나타내는 연산자라고 할 때 다음처럼 신호  $f_i$ 로부터 근사값을 가정할 수 있다 [6].

$$D_m \approx E[d_i] = E[f_i - n_i] = E[f_i]$$

$$Q_i \approx E[(d_i - D_{mi})^2] = E[(f_i - F_{mi})^2] + S^2 \quad (12)$$

식(11)에서 gain는  $k_i$ 와  $Q_i$ 와  $S^2$ 가 모두 양수이므로 제일 작을 경우 zero에서 최대값 1사이의 값을 취하게 됨을 알 수 있는데 이 값이  $Q_i$ 와  $S^2$ 의 비에 따라 변동하면서 filter의 특성을 변화시킨다. 예를 들어 noise가 심한 구간에서는, 즉 noise의 variance  $S^2$ 가 신호  $d_i$ 의 variance  $Q_i$ 보다 지배적이면  $k_i$ 는 작아져서 zero에 가깝게 되어  $D_i = D_{mi}$ 가 얻어진다. 반면에 noise의 variance  $S^2$ 가 신호  $d_i$ 의 variance  $Q_i$ 보다 무시할 정도로 작으면, 즉 noise가 거의 없는 영역에서는  $k_i$ 는 1에 가깝게 되어  $D_i = f_i$ 가 output으로 생성되어 측정된 신호 그 자체가 filter의 출력값이 된다.

그러므로 이 필터는 국부적 통계특성(local statistics)에 따라 low-pass filter의 cut-off frequency를 변경하여 때로는 low-pass filter로 때로는 high-pass filter처럼 작

용하게 되어 noise가 클 경우에는 신호를 부드럽게 만들며 noise가 작을 경우 신호를 sharp하게 만들어 준다. 국부적 통계특성(mean과 variance)을 구하기 위해 신호 처리에 사용되는 window size는 바로 local statistics에 영향을 미치기 때문에 적절히 선택되어야 할 중요한 변수인데 본 연구에서는 기초실험을 통해 얻어진 최적결과로서 7 pixel(약 1.8 Hz 간격)를 사용하였다.

### 2.3.2. Curve-fitting

Curve-fitting은 박막두께를 정밀하게 측정하는데 필수적으로 거쳐야하는 신호처리 과정인데 그 이유는 두 가지 측면에서 설명될 수 있다. 첫째는 앞장의 이론에서 박막두께의 측정을 위해 스펙트럼 간섭신호의 극대값의 위치를 정확히 결정해야하는데 일반적인 경우 실험데이터는 앞에서의 filtering 과정을 거쳐 상당히 노이즈가 제거된 후라 하더라도 극값의 위치를 찾는 것은 조그마한 노이즈에도 매우 민감하게 변화하므로 이를 보정하고 최소화하기 위해서는 실험데이터를 curve-fitting하여 노이즈에 의한 신호 왜곡을 최소화 할 필요가 있다. 본 연구에서는 polynomial 함수로 curve-fitting하여 최적으로 이 함수의 극값을 결정하여 에러를 대폭 줄일 수 있다. Fig. 3에서는 실험 data의 값을 극값의 선정을 위하여 curve-fitting을 수행한 결과와 함께 나타내고 있는데, 이 곡선을 이용하여 극값을 결정하고 이로부터 판단 박막의 두께를 다음 장에서의 방법에 따라 결정하였다.

### 2.3.3 Root-finding

앞장에서의 curve-fitting의 결과로 polynomial 다항식의 근사 식을 얻을 수 있었으나 최종적으로는 이 근사식으로부터 극 값을 가지는 파장을 결정하는 것이 중요하다. 이러한 작업은 Curve fitting 함수의 극값, 즉 1차 미분 함수의 해를 결정해야 하는 문제로 귀착되고 이 문제를 해결하기 위해서는 root-finding 알고리즘이 필요하게 된다. 이 알고리즘 역시 매우 많은 방법들

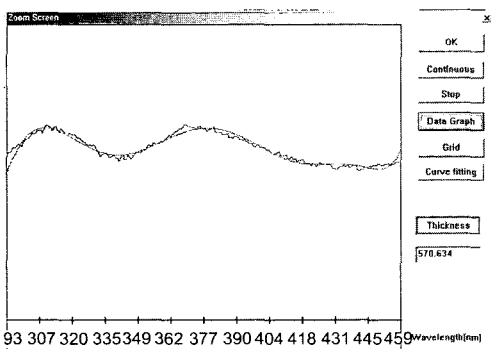


Fig. 3. Curve-fitting.

이 사용될 수 있으나 박막의 두께를 실시간으로 측정해야 하는 최종 연구 목표를 고려할 때 우선은 속도가 빠른 방법을 택해야 하고 또한 그 근의 오차가 적은 방법을 선정해야 할 것이다. 이러한 전제조건에 대해 curve-fitting 결과 함수가 polynomial일 경우에는 1차, 2차 미분함수가 연속적이고 2차 quadrature의 단순형태를 가지므로 Newton-Rapson 방법을 선택하였다. 물론 더욱 안정적이고 정확한 방법이 있으나 속도와 프로그램의 크기를 고려하여 이 방법을 결정하였다.

## 3. 장비의 구성

### 3.1. Light Source

실험에서 사용된 deuterium tungsten halogen 램프는 deuterium UV 빛의 연속적인 스펙트럼과 VIS/short-wave NIR 파장대역의 tungsten halogen 빛을 하나의 optical path로 혼합하여 빛을 방출하며 200 nm-1100 nm의 파장 영역대를 갖는다.

### 3.2. Spectrometer

Fig. 4는 spectrometer 내부에서 광의 전달경로를 개략도를 통하여 나타내는데, 광섬유를 통하여 빛이 스펙트럼의 slit(25  $\mu$ m)을 통하여 들어오고 반사 mirror를 통하여 빛이 회절격자에 비추어지며 그 결과 회절된 빛은 두 번째 구형 mirror에 조사되고 마지막으로 linear CCD array에 전달되어 빛이 전기적 신호로 바뀌게 되어 A/D card에 전달되어진다.

### 3.3. A/D Converter 및 광학계

본 측정장비 시스템에 쓰이는 A/D Converter는 2MHz의 샘플링 주파수를 가지며 Spectrometer로부터 2048개의 data를 측정하는데 소요되는 시간은 최고 2 msec이다. Optical fiber는 UV-VIS (250-800 nm)나 VIS-NIR (400-2100 nm)에 최적으로 설계되었으며 내부는 silica-core and silica-clad로 400  $\mu$ m diameter를 가진다. Reflect Probe는 splitter type의 광섬유에 연결

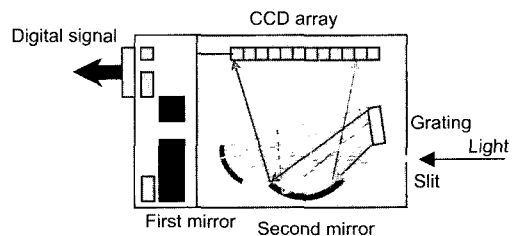


Fig. 4. Configuration of Spectrometer.

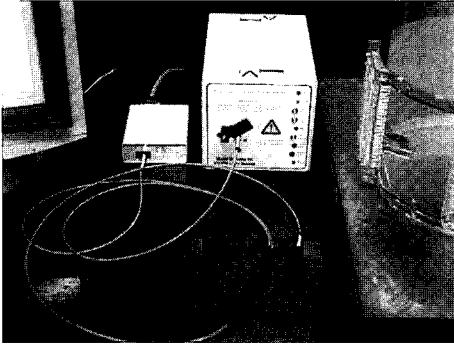


Fig. 5. Light Source & Spectrometer & Reflect Probe.

던 7개의 광섬유 묶음으로 구성되어 광원으로부터 연결된 광섬유에서는 6개의 광섬유로부터 빛을 조사하고 시편으로부터 반사되어 돌아오는 빛을 하나의 광섬유를 통해서 받아 들여 Spectrometer로 광 신호를 보내게 된다. 그러나 Reflect Probe의 경우는 시편과의 거리가 매우 가까워야 하는 (약 1 cm 이내)에 한계를 가지고 있기 때문에 그 끝단에 렌즈를 부착하므로 시편과 광원과의 거리를 확보할 수 있도록 하여, 실제 Wet Spin etcher에서 발생하는 화학반응으로부터 센서를 보호할 수 있도록 설계하였다.

## 4. 실험 및 결과

### 4.1. 박막 측정시스템

본 실험의 박막 측정 시스템은 크게 3부분으로 구성되어 있는데 광fiber와 광원, 광 센서를 포함하는 광 발생부 및 측정장치부분과 광 센서로부터의 신호를 이용하여 스펙트럼을 처리하는 single channel spectrometer, 그리고 digital신호를 analog신호로 변환하는 A/D Converter 와 전체 시스템을 제어하는 컴퓨터로 구성되어 있다. Fig. 6은 이 장치의 개념도를 보여주고 있는데 광원으로는 광 대역의 Deuterium Tungsten Halogen램프를 사용하며 Reflect Probe는 광원으로부터의

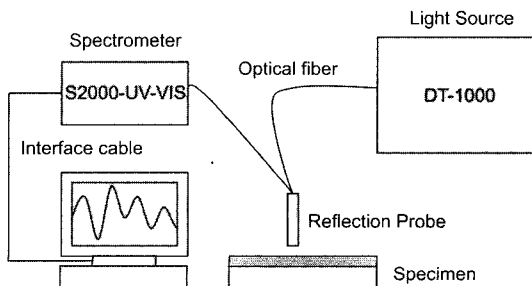


Fig. 6. Configuration of Thickness measurement system.

광을 전달하여 시편의 표면에 광을 조사하고 거기서 반사되어 들어오는 빛을 다른 path의 Optical fiber를 통하여 Spectrometer에 광신호가 전해지도록 제작되어 있다. 스펙트럼 분석기는 Single channel로 광 신호 분석이 가능하며 여기서 생성된 스펙트럼 곡선은 컴퓨터의 A/D Converter로 입력되어 프로그램에 의해서 filtering, curve-fitting, FFT등과 같은 신호처리 및 분석에 의해서 박막의 두께를 측정하게 되고 측정 결과는 모니터에서 바로 표시될 수 있도록 구성되어 있다.

### 4.2. 웨이퍼 시편

개발된 측정 소프트웨어의 적용 가능성을 확인하기 위하여 spin etcher에 장착된 웨이퍼는 12"의 크기로서 poly 300/oxide 500/ oxide 600 세 종류의 박막을 가진 웨이퍼 샘플에 대해 Fig. 6과 같은 간이 웨이퍼 회전 장치에서 박막 두께 측정 실험을 수행하였다. 이 세 시편은 회전 장치내에서 20 Hz의 속도로 회전되면서 분당 약 0.8 리터의 DI(de-ionized) 워터를 웨이퍼 중심에서 노즐을 통해 분사시킴으로서 웨이퍼 위에 유동 유막과 진동(최대 약 50  $\mu\text{m}$ )을 만들어 주면서 측정 실험이 이루어졌다.

### 4.3. 측정실험 및 결과

본 실험에서는 앞에서 설명한 측정 하드웨어를 이용하여 poly 300/oxide 500/oxide 600 세 종류의 웨이퍼에 대해 측정된 스펙트럼 곡선을 본 연구에서 개발되었던 측정 프로그램을 사용하여 그 박막의 두께를 측정함으로써 개발된 장치의 feasibility를 검증하였다. 실험하기 앞서 Fig. 6에서와 같이 광센서를 수직으로 장착한 후 박막이 없는 wafer에 대해 반사신호를 측정하여 저장한 후 이 신호를 기준신호로 하여 poly 300/oxide 500/oxide 600 세 종류의 웨이퍼에 대해 차례로 반사신호를 측정한 다음 각 반사신호로부터 기준신호와의 비교신호를 생성하여 이 신호를 컴퓨터에 저장한다. 시험조건은 앞장에서 설명된 바와 같이 웨이퍼를 회전 장치에 설치한 후 그 위에 DI 워터를 분사하면서 웨이퍼 중앙부에서 박막의 두께를 측정하였다. 대략 한번의 측정과 이 데이터를 컴퓨터로 입력하고 측정프로그램 전체를 수행하는데 0.1-0.2초가 소요되는 것으로 관찰되었다. 실험에 의해 측정된 간섭신호를 Fig. 7에 나타내었는데 Fig. 7(a)는 oxide 500 웨이퍼에서 측정된 반사광의 간섭 스펙트럼을 표시하며 Fig. 7(b)는 oxide 500 웨이퍼에서 측정된 반사광의 간섭 스펙트럼을, Fig. 7(c)는 oxide 600 웨이퍼에서 측정된 반사광의 간섭스펙트럼을 표시한다. 실험에서 측정된 스펙트럼 곡

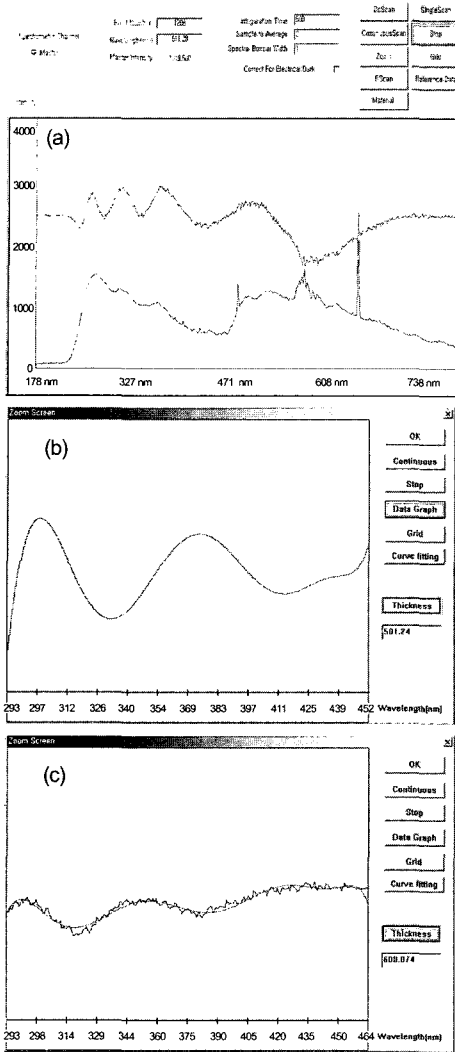


Fig. 7. (a) Spectrum data (b) oxide 500, (c) oxide 600.

Table 1. Experimental results for thickness measurement.

박막의 종류	측정값	오차
Polysilicon 300(nm)	302.4	0.8%
Oxide 500(nm)	501.24	0.2%
Oxide 600(nm)	600.07	0.01%

선을 이용하여 박막의 두께를 측정하기 위해 adaptive filter를 이용하여 노이즈를 제거하고 그 후에는 polynomial curve-fitting을 하여 극대값과 극소값의 위치에 해당하는 파장을 결정한 다음 이 파장 값을 이용하여 박막의 두께를 계산하였다. Fig. 7(b)는 실험에서 스캔한 oxide 500 박막으로부터의 간섭 파형을 smoothing

처리를 한 결과를 보여주고 있는데 이 smoothing한 결과로부터 직접 최소값의 위치를 결정하였으며 마찬가지로 oxide 600 박막의 경우도 Fig. 7(c)와 같은 결과로부터 극값을 결정하였다. 이러한 극값으로부터 결정된 3종류의 박막의 두께 측정값의 결과를 Table 1에 정리하였다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 백색 광 간섭을 이용하여 spin etcher에서 웨이퍼의 박막두께를 측정하기 위한 측정 소프트웨어와 시스템을 개발하였으며 실험적 결과로서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 박막에 의해서 발생하는 백색광의 간섭현상을 이용하여 spin etcher용 식각률 측정을 위한 박막의 두께 측정 장치를 개발하였고 간이 실험을 통해 이 시스템이 박막두께 측정에서 약 1% 이내의 측정정밀도를 가지는 것을 확인하였으며 진동이나 chemical의 유동에서도 효과적으로 사용될 수 있음을 확인하였다.

2. Adaptive filtering 기술을 이용하여 진동과 chemical에 의해 발생하는 노이즈를 효율적으로 제어할 수 있었으며 박막의 두께가 파장에 비해 작아질수록 측정 오차가 증가하는 현상이 분명하게 관찰되었다. 이는 박막의 두께가 작아지면서 상대적으로 측정되는 광 경로 차에 의한 위상변화가 작아지고 이에 따라 상대적으로 반사에 의한 위상변화나 감쇄계수의 영향등이 외부의 노이즈와 함께 커지기 때문인 것으로 판단된다.

3. 개발된 박막두께 측정 시스템은 기본적인 성능 면에서 그 유용성이 검증되었으며 이를 이용하여 12" 웨이퍼의 uniformity 관리와 품질향상과 생산효율에 크게 기여할 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- Quirk, M. and Serda, J. "Semiconductor Manufacturing Technology", Prentice Hall, (2001).
- Kim, S. and Kim, G. "Thickness-profile measurement of transparent thin-film layers by white-light scanning interferometry", Applied Optics, Vol. 38, No. 28, pp. 5968-5973, (1999).
- Maynard, H.L. and Hershkowitz, N. "Thin-film interferometry of patterned surfaces", J. Vac. Sci. Technol. B 13(3), pp. 848-857, (1995).
- Xu, Y. and Li, Y.J. "Surface profile measurement of thin films using phase-shifting interferometry", SPIE Vol. 2545, pp. 238-248, (1995).

5. Wang, D. Zhang, H. Yang, Y. and Zhang, Y. "Ultrathin thickness and spacing measurement by interferometry and correction method", SPIE Vol. 2542, pp.129-135, (1995).
6. Lee, J.-S. "Digital Image Enhancement and Noise filtering by use of local statistics", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-2, No. 2, (1980).