

## 광학코팅모니터의 구현연구

# A study about implementation of Optical Coating Monitor

민세홍, 예윤해  
 경희대학교 전자공학과  
 mincup@hotmail.com

본 연구에서 목적하는 Optical Coating Monitor(OCM)은 간단한 구성으로 코팅막의 두께가 목표파장 ( $\lambda_0$ )의  $\lambda_0/4n$ 가 되는 지점을 검출하는 장치이며, 목표파장 또한 프로그램 가능하여야 한다. 원하는 특성의 코팅막을 얻기 위해서는 설계된 두께로 코팅하는 것이 필수적이다. 일반적으로 고반사코팅은 1/4파장두께의 고굴절율과 저굴절율 박막을 교대로 코팅하는 다층박막으로 설계한다.<sup>(1)</sup> 1/4파장두께박막은 고반사코팅이나 무반사코팅 제작에 널리 쓰인다. OCM은 코팅막의 반사율 모니터로써, 광학코팅공정 중에 코팅막의 두께가  $\lambda_0/4n$ 가 되었을 때를 감지하여 코팅장치의 동작을 제어할 수 있는 기능을 갖는 장치로 정의된다. OCM의 동작은 마이크로프로세서가 콘트롤하기 때문에 다층박막코팅공정 자동화에 OCM이 유용하게 사용될 수 있으며, 반사율은 PC로 전송되어 코팅공정을 시각적으로 표시한다. 본 논문은 코팅공정 자동화에 사용될 수 있는 OCM을 연구한 내용과 코팅알고리즘을 기술하였다.

광손실이 작은 고반사율의 코팅은 유전체 박막을 다층코팅함으로써 가능하며, 이때 코팅되는 물질의 굴절률과 두께, 층수 등을 조절함으로써 양질의 고반사코팅막 제작이 가능하다.<sup>(2)</sup>

그림.1은 광섬유의 광축에 수직이 되게 연마한 광섬유 단면에 고반사율의 다층박막을 코팅한 모습이다. 수직입사(normal incidence)를 가정하면 다층박막의 특성행렬이  $m$ 일때 다층박막의 반사율(R)은 식1과 같이 구해진다.<sup>(3)</sup> 광섬유 내에서 빛은 근사적으로 광축과 평행하게 이동하므로 광섬유의 수직단면에 수직입사하게 된다.<sup>(4)</sup>

OCM에서는 광섬유를 센싱암으로 사용한다. 광축에 수직으로 연마된 광섬유의 단면을 코팅공정 중에 Substrate와 같이 코팅하게 되며, 광섬유의 단면에 코팅되는 박막의 반사율을 측정하므로써, 코팅되고있는 박막의 반사율을 모니터하게 된다.

$$m_T = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix} \quad r = \frac{E_r}{E_i} = \frac{\gamma_f m_{11} + \gamma_f \gamma_0 m_{12} - m_{21} - \gamma_0 m_{22}}{\gamma_f m_{11} + \gamma_f \gamma_0 m_{12} + m_{21} + \gamma_0 m_{22}}$$

$$\gamma_0 = n_0 \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = \frac{n_0}{c}$$

$$\gamma_f = n_f \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} = \frac{n_f}{c} \quad R = r \cdot r^* \quad \rightarrow \text{식1}$$

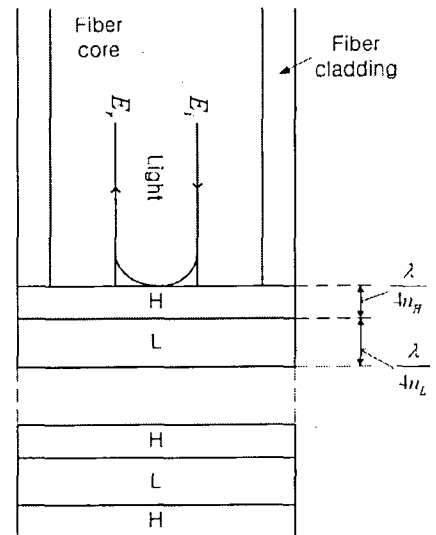


그림.1

그림2는  $n_{fiber} = 1.45$ ,  $n_H = 2.3$ ,  $n_L = 1.45$ ,  $n_{air} = 1$ 인 경우, 고반사코팅공정시에 1550nm파장에 대한 반사율의 변화를 시뮬레이션한 것이다. 각 박막의 두께가  $\lambda_0/4n$ 인 지점에서 그래프의 피크(peak)가 나타나며 각 피크에서 코팅물질을 전환하여 코팅하므로써 고반사다층박막을 얻을 수 있다. 그림4와 그림5는 그림2와 같은 공정의 최대피크와 최소피크가 되는 지점을 확대한 그림이다. 또한, 그림4와 그림5에서는

세 개 파장에 대한 반사율의 변화를 보였다. 피크부분에서는 반사율의 변화가 매우 작기 때문에 피크점을 찾는 데 어려움이 있다. 그림4와 그림5를 보면 1550nm파장에 대한 코팅막의 반사율 피크지점에서 1530nm파장의 반사율과 1571nm파장의 반사율이 교차하게 된다. 따라서 OCM은 1530nm파장과 1571nm파장에 대한 반사율을 모니터 하다가 이들이 교차되는 지점을 1550nm파장에 대한 반사율이 최대인 지점으로 결정한다. 이 지점에서 코팅물질 코팅장치콘트롤신호 출력하는 동작을 구현하면 된다.

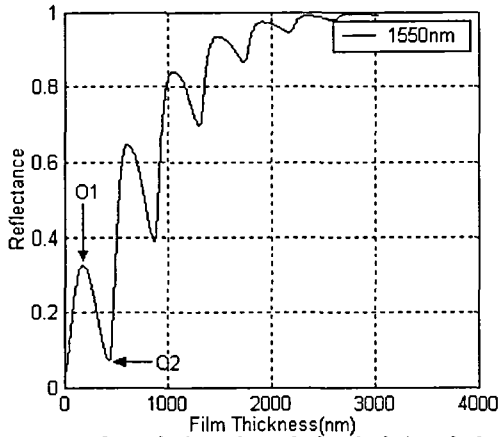


그림2 전체코팅공정의 반사율 변화

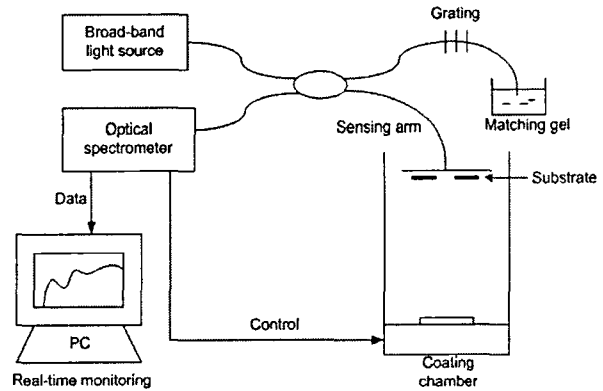


그림3 OCM의 구성

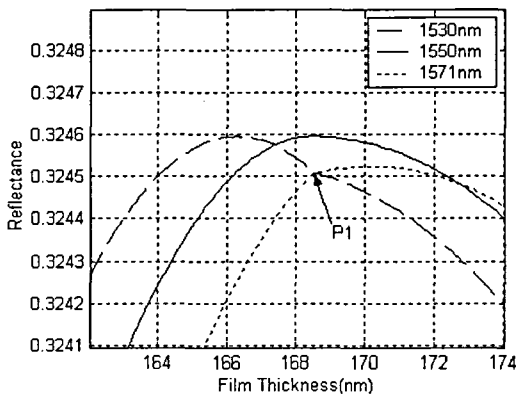


그림4 코팅물질 전환시점의 결정 H→L

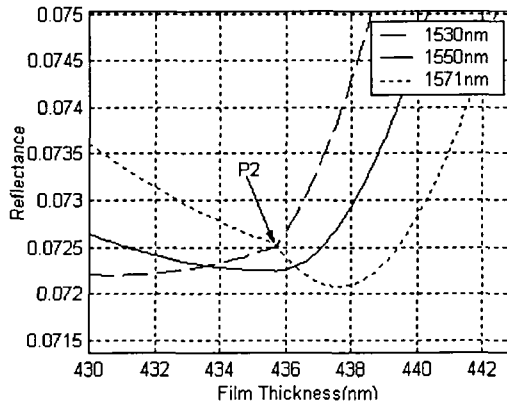


그림5 코팅물질 전환시점의 결정 L→H

그림3은 OCM과 코팅장비의 구성을 나타낸다. broad band source에서 빛을 공급하면 센싱암에서 반사되어 optical spectrometer에 도달한다. optical spectrometer는 두 개 파장의 세기를 측정하고 각 파장의 반사율을 비교하여 control신호를 만든다. optical spectrometer는 OCM용으로 제작된 것으로 마이크로프로세서로 동작되며, Tunable Filter가 두 개 파장을 선택하게 되어있다. Grating은 Tunable Filter의 보정에 사용된다. 현재 설계된 OCM은 12bit ADC를 사용하고 초당 64회 샘플링하고 평균하여 반사율을 측정한다. 코팅속도가 1nm/s일때, 1nm의 분해능으로 코팅완료시점을 감지할 수 있다. 다층박막의 층수가 증가할수록 반사율의 변화가 작아지므로 고분해능의 OCM이 필요하다. OCM의 분해능을 높이기 위해서는 고분해능의 ADC를 사용하거나 ADC sampling rate를 높이는 방법이 쓰일 수 있다.

참고문헌

1. Flank L. Pedrotti, Leno S. Pedrotti, "Introduction to Optics", PrenticeHall, 2nd ed, pp402-404, 1993
2. 남경우, "광섬유 Fabry-Perot필터의 구조해석 및 제작연구", 경희대학교 석사학위논문, 2001
3. Flank L. Pedrotti, Leno S. Pedrotti, "Introduction to Optics", PrenticeHall, 2nd ed, pp392-396, 1993
4. Gerd Keiser, "Optical Fiber Communications", McGrawHill, pp53-65, 2000