

## 광학적 두께 제어 방법에 따른 광학박막필터의 에리보상효과에 대한 비교

### Comparison of Optical Monitoring Methods for Deposition of the Optical Thin-film Filters

정성구, 황보창권  
인하대학교 물리학과  
hwangbo@inha.ac.kr

In this study, we present the error compensation effect of optical monitoring methods for apply of narrow band pass filter and IR-cutoff filter. Then we show the optimization process for apply of optical monitoring methods.

높은 광학적 성능을 가진 광학박막필터가 요구되어짐에 따라 설계 시 층수가 많아지고 복잡한 구조를 갖도록 설계되어지고 있다. 따라서 광학박막필터의 제작적인 측면에서 증착의 정밀한 측정과 제어가 필요하게 되었다. 석영수정진동자를 사용하는 물리적 두께 제어 방법은 운영이 간단하고 적용 대상이 넓다는 장점을 갖고 있지만, 일반적으로 오차정확도가 최대 2%로 알려져 있고 증착 두께 증가에 의한 민감도 저하로 인하여 다층의 박막의 증착에 제약을 가지고 있다. 광학적 두께 제어 방법은 유일한 직접측정방식으로 광원과 광검출기를 이용하여 증착 두께에 따른 광학신호의 변화를 이용한다. 적용 대상에 따라 운용법이 제한되고 운용이 복잡하다는 단점이 있지만, 보다 정밀한 측정과 제어가 가능하여 복잡한 설계 구조를 갖는 다층의 광학박막필터의 제작에 적합하다. 본 연구에서는 주기적인 설계의 NBPF(Narrow Band Pass Filter)에 주기적인 설계에 적용이 가능한 turning point monitoring과 복잡한 설계 구조에 적용이 가능한 last thickness를 이용한 제어 방법<sup>(1)</sup>과 admittance loci.를 이용한 제어 방법<sup>(2)</sup>을 각각 적용하여 전산 시뮬을 진행하고 물리적 두께 제어 방법의 결과와 비교하여 오차 보상 효과를 확인하였다. 그리고 비주기적인 설계 구조의 적외선 차단 필터(IR-cutoff filter)에 후자의 두 광학적 제어 방법을 적용하여 전산 시뮬하고 결과를 비교하고 분석하였다.

NBPF는 기준파장 633 nm에서 [Air/ (HL)<sup>5</sup> 2H (LH)<sup>5</sup> / Glass]의 21층의 주기적인 설계 구조를 갖는다. 그림 1은 물리적 두께 제어 방법을 적용시킨 결과와 광학적 두께 제어 방법으로 그림 2의 turning point monitoring, 그림 3의 last thickness 제어 방법, 그림 4는 admittance loci. 제어 방법을 각각 random  $\pm$  2.5 %의 두께오차를 적용하여 전산 시뮬하였다. last thickness와 admittance loci.를 이용한 제어 방법의 경우 제어파장을 530 nm로 선택하여 전산 시뮬을 진행하였다. 물리적 두께 제어 방법에 비하여 광학적 두께 제어 방법을 적용하였을 때 설계에 가까워지며 오차 보상 효과를 확인할 수 있었다.

적외선 차단필터는 36층으로 각 층의 두께가 서로 다른 비주기적인 복잡한 구조를 갖도록 설계하였다. 계산을 통하여 제어파장을 615 nm와 645 nm로 선택하였다. 각각의 제어파

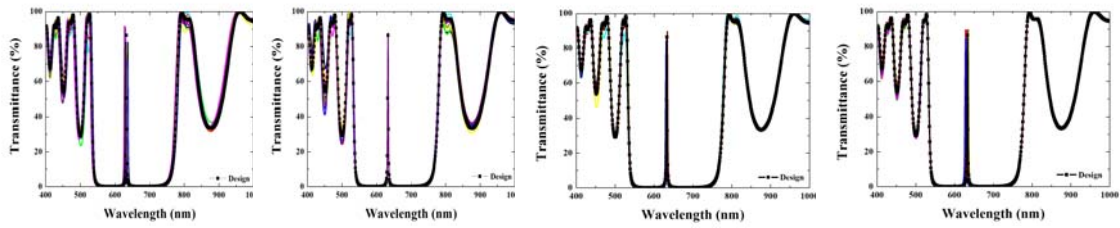


그림 1 physical thickness monitoring    그림 2 turning point method    그림 3 last thickness를 이용한 제어 방법    그림 4 admittance loci를 이용한 제어 방법

장을 이용하여 last thickness를 이용한 제어방법과 admittance loci를 이용한 제어 방법을 표준편차가 1인 가우시안 정규 분포의 두께 에러 발생을 적용하여 전산시뮬을 진행하였다. 전산시뮬 결과가 그림 5 ~ 9 와 같이 나왔으며 오차 보상 효과를 확인할 수 있다. 제어파장이 645 nm인 경우에만 두 제어 방법 모두 목표치를 만족하는 결과를 나타내었다.

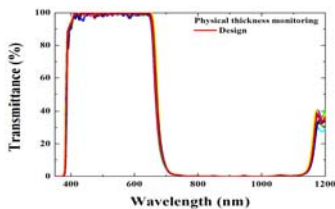


그림 5 Physical thickness monitoring

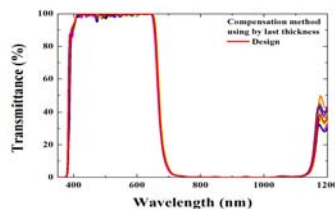


그림 6  $\lambda_{mon}=615$  nm, last thickness를 이용한 제어 방법

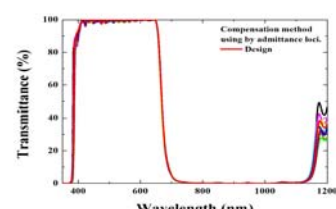


그림 7  $\lambda_{mon}=615$  nm, admittance loci를 이용한 제어 방법

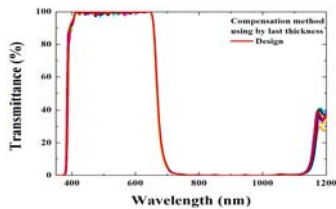


그림 8  $\lambda_{mon}=645$  nm, last thickness를 이용한 제어 방법

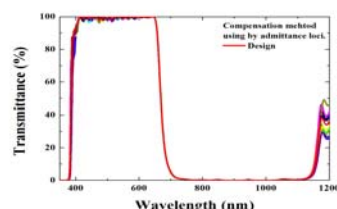


그림 9  $\lambda_{mon}=645$  nm, admittance loci를 이용한 제어 방법

결론적으로 NBPF와 적외선 차단필터에 광학적 두께 제어 방법을 적용하여 전산시뮬을 진행하여 오차 보상 효과를 확인하고 그 결과를 비교 분석하여 주어진 필터구조에 따른 최적화된 광학적 두께 제어 방법을 확인하였다.

참고문헌

1. Cheng Zhang, Yongtian Wang, and Weiquiang Lu, "Single-wavelength monitoring method for optical thin-film coating", Opt. Eng. **43**(6), 1439-1444 (2004).
2. B. J. Chun, C. K. Hwangbo, and J. S. Kim, "Optical monitoring of nonquarterwave layers of dielectric multilayer filters using optical admittance", Opt. Exp. **14**, 2473-2480 (2006).