

경사입사 증착법을 이용한 습도 센서 설계 및 제작

Design and fabrication of humidity sensor using a glancing angle deposition (GLAD)

장대호*, 박용준, 황보창권

인하대학교 물리학과

cantage@daum.net

조정밀 반도체 산업부분에서 일상생활 부분까지 많은 곳에서 습도 측정 및 조절의 실제적인 필요성이 대두되고 있지만 여러 습도계들은 좁은 영역범위와 높은 오차율을 가지며 반응시간이 늦고 재현성이 떨어지는 문제점이 있다. 습도제어에 있어서 필수적인 요소는 넓은 습도범위에 걸친 높은 감도, 빠른 응답 속도, 우수한 재현성, 여러 가지 환경에 대한 안정성과 긴 수명성 등이다⁽¹⁾.

따라서 본 연구의 목적은 다양한 습도 환경에서 민감하고 정확하게 반응하여 측정할 수 있는 센서를 설계 및 제작하는 것이다. 제작한 습도센서는 제조공정이 비교적 간단하며 기존의 습도센서와는 다르게 경사입사 증착방법으로 기둥미세구조의 변화를 이용한 센서이다. 경사입사 증착방법(glancing angle deposition, GLAD)은 증발입자를 기판에 대해 경사각으로 입사시킴으로써 박막의 기둥미세구조를 조절할 수 있는 증착방법으로 증착 시 증착조건을 변화시켜 다양한 광학적 특성을 나타내는 박막들을 제작할 수 있다. 이러한 경사입사 증착법을 이용하여 물질을 경사로 입사시켜 증착하는 경우 경사입사각이 증가함에 따라 그림자 효과에 의해 다공성 미세구조와 낮은 굴절률을 가지게 된다^(2,3).

본 연구는 경사입사 증착방법(GLAD)으로 증착한 다공성 미세구조의 TiO_2 를 좁은대역 투과필터(narrow band pass filter, NBPF)에 적용하여 증착 구조와 습도에 따른 투과파장이 이동하는 광학적 습도 센서를 설계하고 제작하였다. NBPF는 일반적으로 [mirror/spacer/mirror]의 구조를 가지며 간격층(spacer)의 광학두께(nd)에 의해 최대투과 파장이 결정된다. 보통의 NBPF는 간격층이 조밀한 경우 투과파장이 이동하지 않는다. 하지만 간격층이 다공성 미세구조를 가진다면 그림자 효과에 의해 빈공간이 생기고 그 사이로 습기가 흡수와 탈착을 하여 투과파장이 이동한다. 따라서 기판을 고정하고 증착한 TiO_2 박막(조밀한 구조)을 간격층으로 사용한 경우와 기판을 기울이고 회전하여 증착한 TiO_2 박막(나선형 구조)을 사용한 경우로 나누어 각각 설계하였다. NBPF의 양쪽 mirror 층은 고굴절률 물질과 저굴절률 물질로 TiO_2 와 SiO_2 박막을 각각 사용하였으며, 간격층의 증착에는 경사각을 $0^\circ, 60^\circ$ 로 증착하여 다공성 미세구조에 따른 센서로서의 특성을 비교 분석하였다. 투과 파장 변화 측정은 분광광도계에 진공 챔버를 설치하여 대기 중과 진공 중에서의 투과영역 파장 이동 스펙트럼을 측정하였다. 그림 1(a)와 같이 간격층을 0° 로 증착한 NBPF의 경우 변화가 없음을 알 수 있었고, 반면 그림 1(b)와 같이 간격층을 60° 로 증착한 경우에는 간격층이 다공성 미세구조를 가지기 때문에 투과 스펙트럼이 이동하는 것을 확인할 수 있었다.

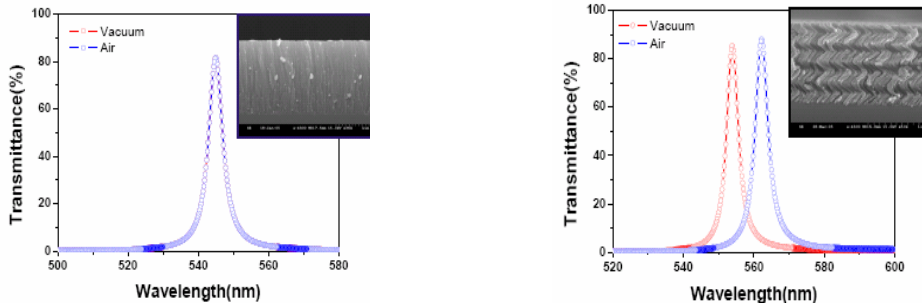


그림 1. NBPF의 간격층의 구조 (a)수직입사 증착으로 조밀한 박막, (b)경사입사 증착으로 다공성한 박막.

경사입사 증착법을 이용하여 좁은 대역 투과필터의 간격층 구조를 나선형의 스프링 모양으로 다공성 미세구조를 만들었을 경우 습도 변화에 따라 최대 투과 중심 파장이 그림 2와 같이 이동하는 것을 볼 수 있다. 이는 간격층으로 습기가 흡탈착을 하여 간격층의 굴절률이 변화하면서 최대 투과 중심 파장이 이동하기 때문이다.

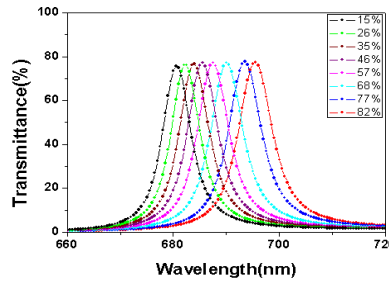


그림 2. 습도에 따른 투과 중심 파장 이동

결론적으로 GLAD TiO₂ 박막의 미세구조를 조절함으로써 박막의 다공성을 조절할 수 있었으며, 이를 NBPF에 적용하여 습도에 대해 투과 파장이 이동함을 이용한 광학적 습도 센서를 설계 및 제작할 수 있었다. 이러한 결과로부터 GLAD로 증착한 광학적 습도센서는 정밀한 측정이 필요한 곳에 응용될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. John J. Steele, Andy C. van Popta, Matthew M. Hawkeye, Jeremy C. Sit, Michael J. Brett, "Nanostructured gradient index optical filter for high-speed humidity sensing," Sensors and Actuators B: Chemical, Volume 120, Issue 1, 14 December 2006, Pages 213-219
2. Seouk-Hoon Woo and Chang Kwon Hwangbo, "Optical Anisotropy of Microstructure-Controlled TiO₂ Films Fabricated by Glancing-Angle Deposition(GLAD),"Journal of the Korean Physical Society, 8, 1199-1204 (2006).
3. D. A. Gish, M. A. Summers and M. J. Brett, "Morphology of periodic nanostructures for photonic crystals grown by glancing angle deposition," Photonics and Nanostructures-Fundamentals and Applications 4, 23-29 (2006).