

## 타원계를 사용하여 제작한 이온빔 보조 박막의 특성 분석

### The properties of ion-assisted multilayer film using the in-situ ellipsometer

이재홍\*, 김성화, 황보창권

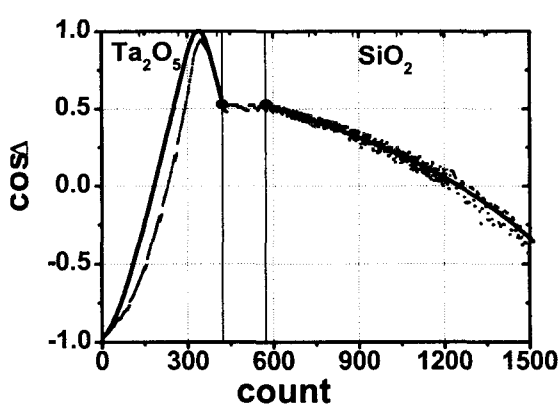
인하대학교 물리학과, hwangbo@inha.ac.kr

광학박막을 제작하는 많은 방법 중에서 이온빔 보조 증착방법은 이온빔을 사용해 박막에 운동량을 전달하여 주고 반응 이온빔의 산화를 촉진시켜주는 장점이 있으며, 스퍼터링은 증착입자의 에너지가 높아서 조밀한 박막을 제작할 수 있다. 그러나 단점으로 이온빔 보조 증착의 경우 증착입자가 낮은 에너지를 갖으며, 높은 에너지를 사용하는 경우 고가의 장비가 필요하게 된다. 그리고 스퍼터링의 경우 낮은 압력하에서 증착됨으로 증착률이 낮다. 따라서 이 두 방법의 장점을 이용하고 단점을 상호 보완하여 새로운 이온빔보조 스퍼터링 방법을 사용하여 박막을 제작 조밀도가 높고 외부 환경의 변화에 안정한 다층박막을 증착하여<sup>(1,2)</sup> 분석하려 한다.

본 연구에서는  $Ta_2O_5$ 와  $SiO_2$ 를 사용하여 유리 기판에 대해 파장 550nm에서 비 반사 코팅을 설계하여 반응이온 마그네트론 스퍼터링으로 비 반사 코팅을 제작하였다. 증착장비로 사용한 DC 마그네트론 스퍼터링 장비는 내부에 마그네트론 스퍼터링 타겟이 2개와 이온건이 있으며 고진공을 위해 CRYO 펌프가 옆에 설치되어 있다. 그리고 저진공과 고진공을 측정하기 위한 진공계이지, 스퍼터링 타겟과 이온건에 주입하기 위한 산소와 아르곤 가스 공급 포트 그리고 타원계가 부착되어 있다. 증착 물질로 tantalum 과 silicon을 사용하였으며, 증착높이는 타원계 측정을 위하여 300mm으로 고정하였고, 기판 위치는 지지대 정중앙에 위치하였다. 증착의 균일성을 위하여 스퍼터링 타겟과 이온건의 방향을 기판이 위치한 정 중앙에 오도록 하여 위치에 하였다. 이때 이온건은 End-Hall 이온건으로 산소를 사용하여 하였다. 산소이온을 이온건과 기판에 전압차를 주어 기판 쪽으로 운동하도록 하여 기판으로 반응 가스와 결합한 입자들을 기판에 많이 가도록 운동량을 전달해 주도록 하였다<sup>(3)</sup>. 증착장비에 장착된 타원계는 편광자(P)-시료(S)-검광자(A)의 구조 즉 PSA 구조를 가지며 회전검광자 방식으로 구동되고 있다<sup>(4)</sup>. 이 타원계를 스퍼터링 장비의 관측 창에 장착하여 실시간으로 측정을 할 수 있도록 하였다. 광원으로 파장 632.6 nm의 He-Ne 레이저를 사용하는 실시간 타원편광계는 진공 증착장비에 부착하여 개인용 컴퓨터를 통해 측정되는 타원상수( $\cos\Delta$ ,  $\tan\Psi$ )를 수집하고 이 값으로부터 박막의 굴절률과 두께를 분석하였다. 제작하는 박막은 이온빔 보조 증착된  $Ta_2O_5$ 와  $SiO_2$  박막으로 굴절률을 타원계로 측정하였으며,  $Ta_2O_5$ 와  $SiO_2$  박막의 두께는 어드미턴스 다이어그램을 이용하여 결정하였다. 실제 증착시에는 그림 1과 같이  $\cos\Delta$ 의 거동으로 제어하였다.

제작한 박막을 VASE로 측정된 박막의 구조(그림 2, 그림3)를 보면 이온건을 사용한 박막이 4nm 정도의 표면 거칠기를 갖게 되며, 굴절률에서 이온건을 사용하지 않은 것(RMS : Reactive Magnetron Sputtering)과 이온건을 사용한 것(IARMS: Ion-Assist Reactive Magnetron Sputtering)의 차이가 표 1

과 같이 SiO<sub>2</sub>는 1.5~2% 정도의 증가를 보임을 볼 수 있었으나, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 경우 특별한 변화가 없음을 볼 수 있었다. 이러한 특성은 이온건에 투입하는 산소의 량과 이온건의 위치 등에 영향에 의한 것으로 판단된다. 증착률은 이온건의 영향으로 두 박막 모두 약 35~38% 정도의 증가를 보였다.



[그림 1] 이온 보조 증착의 2층 AR 박막에 대한 실시간 타원계로 측정된 cosΔ의 진행. 여기서, 실선은 계산된 cosΔ를 나타내고 점은 측정된 cosΔ를 나타낸다.

	Unit [Å]
2 sio2@550nm	612.98 Å
1 ta2o5@550nm	1039 Å
0 glass	1 mm

[그림 2] VASE로 측정된 AR박막의 구조(RMS)

	Unit [Å]
3 srough	38.978 Å
2 sio2	592.86 Å
1 ta2o5	1126.8 Å
0 b270	1 mm

[그림 3] VASE로 측정된 AR박막의 구조(IARMS)

	Ellipsometer		VASE		Envelope	
	SiO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
RMS	1.4524	2.1522	1.4504	2.1517	1.4513	2.1503
IARMS	1.4876	2.1636	1.4757	2.1422	1.4741	2.1144
Rate	+ 2.4%	+0.52%	+ 1.74%	-0.44%	+ 1.5%	-1.6%

[표 3] 이온 보조 증착을 한 박막(IARMS)과 그렇지 않은 박막(RMS)의 각 측정 방법으로 구한 SiO<sub>2</sub> 와 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>의 굴절률 값 이온건 사용으로 SiO<sub>2</sub>는 굴절률이 증가했으며, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 특별한 차이를 보이지 않는다.

참고문헌

[1] Takahiro Harada, Yasumi Yanada, Haruo Uyama, Takanori Murata, Hisakazu Nozoye, "High rate deposition of TiO<sub>2</sub> and SiO<sub>2</sub> films by radical beam assisted deposition (RBAD)", Thin Solid Films 392, 2001

[2] M. Gilo, N. Croitoru, " Properties of TiO<sub>2</sub> films prepared by ion-assisted deposition using a gridless end-Hall ion source", Thin Solid Films 283, 1996

[3] 황보창권, "박막광학", 다성출판사, 서울, 2001

[4] 김상열, "타원법", 아주대출판부, 2000