

극 자외선 리소그래피용 감쇠형 위상 변위 마스크를 위한 ITO 박막의 광학 상수 결정

강희영, 김미경, 황보창권
인하대학교 물리학과
lunakkk@paran.com

극자외선 영역($\lambda=13.5$ nm)에서 기하학적 그림자 효과를 줄이기 위해 ITO 박막을 RF 스퍼터링을 사용하여 증착하였다. 이를 러더퍼드 후방산란 분석법과 X-선 반사율 분석법을 이용하여 극 자외선 영역에서 ITO 박막의 광학상수를 결정하였다.

극 자외선 리소그래피를 위한 감쇠형 위상 변위 마스크의 흡수층은 패턴 적합도, 마스크 생산량, 결점 검사의 효율성, 그리고 결점 조정 과정과 직접적으로 관련된다⁽¹⁾. 최근 연구 결과들을 살펴보면, 이러한 마스크의 흡수층은 13.5 nm 파장에서의 흡수율을 높이기 위한 TaN 박막, 위상 반전을 위한 Mo 박막과 자외선 영역에서 패턴 결점 검사를 위한 무반사 코팅막인 Al_2O_3 박막으로 구성된다. 이처럼 여러 층으로 구성된 흡수층의 두께가 증가하게 되면 그림자 효과를 유발하기 때문에 결과적으로 노광 공정 후 패턴의 형상이 한쪽으로 치우치거나 이동하게 된다⁽²⁾. Indium tin oxide (ITO)는 전도성 산화물로서 투명하고, 120°C 이하의 낮은 온도에서 증착한 박막의 경우 비결정성을 가지며, 플라즈마 에칭 공정이 가능하므로 흡수층으로 사용하기 적합하다. 그러므로 13.5 nm 파장에서 ITO 박막의 광학상수를 결정하는 것은 매우 중요하다.

본 연구에서는 RF 마그네트론 스퍼터링을 사용하여 ITO 박막을 Si 웨이퍼 위에 제작하였고, 이를 러더퍼드 후방산란 분석법과 X-선 반사율 측정 장비를 사용하여 13.5 nm 에서의 광학상수(n, k)를 결정하였다. 이는 러더퍼드 후방산란 분석법(RBS)으로 샘플의 areal density를 X-선 반사율 측정 장치(XRR)에서는 박막의 두께를 측정함으로써 각 샘플 박막의 원자 밀도가 결정되고, 이와 함께 파장에 의존하는 물질 원소의 scattering form factor를 이용하면 광학상수를 계산할 수 있으므로 가능하다. 또한 XRR 측정 값의 임계각으로부터 광학상수를 구할 수 있고 이를 RBS방법과 비교, 분석하였다.

그림 1은 Si 웨이퍼 위에 증착한 ITO 박막의 러더퍼드 후방산란 분광기의 스펙트럼이다. ITO의 RBS 측정은 2MeV $4He^+$ 으로 입사각도 0°, 탐지각도(θ) 10°, 그리고 10 μ C의 조사량을 가지고 이루어졌다.

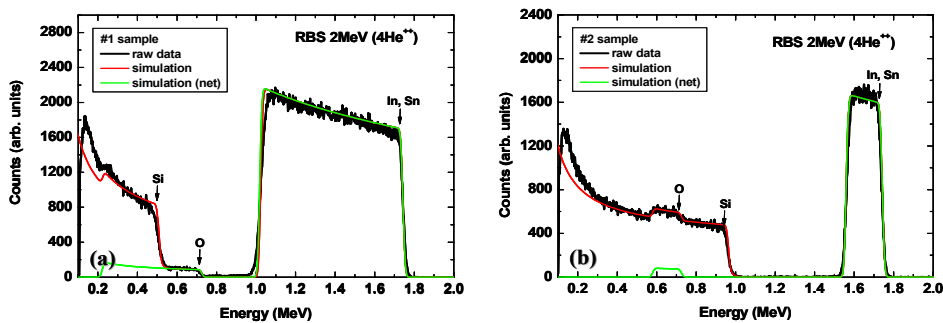


그림 1. ITO 박막 (a) sample 1 (b) sample 2)의 러더퍼드 후방산란 스펙트럼

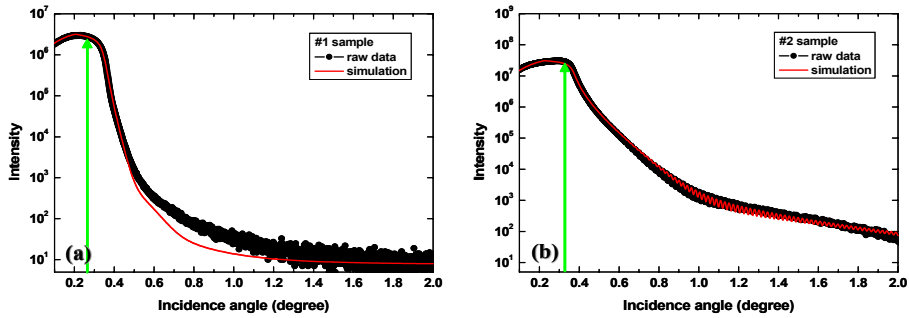


그림 2. ITO 박막(a sample 1 b sample 2)의 X-선 반사율 그래프

그림 2는 각각의 ITO 박막의 두께와 임계각 결정을 위하여 측정된 X-선 반사율 그래프이다. 이 때 $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda=0.154 \text{ nm}$) 광원을 이용하여 40V, 20mA의 가속 전압과 전류 조건으로 측정하였고, WINGIXA 프로그램을 사용하여 두께와 임계각을 결정하였다. 두 측정 결과로부터 ITO 박막의 전체 원자 밀도를 결정하고, 13.5 nm와 0.154 nm 에서의 In, Sn과 O의 scattering form factor를 이용하여 표 1과 같이 광학상수를 결정하였다.

그 결과 서로 다른 두께로 증착된 ITO 박막의 원자밀도는 각각 $3.17 \pm 0.29 \text{ g/cm}^3$, $4.89 \pm 0.50 \text{ g/cm}^3$ 이고, RBS로 측정하여 결정된 원자밀도와 임계각 측정에 의해 결정된 원자 밀도 값이 거의 일치함을 알 수 있다. 위 결과로부터 13.5 nm 파장에서의 광학상수는 XRR의 임계각 분석으로부터 구할 수 있음을 확인하였다. 이를 이용하면 13.5 nm 파장에서에서 여러 가지 혼합된 흡수층 박막의 정확한 광학상수를 알 수 있으므로 극자외선 리소그래피 위상 반전 마스크 제작에 유용하게 이용될 것으로 판단된다.

표 1. 13.5 nm 파장에서 ITO 각 샘플에 대한 광학상수 (n, k)

Sample	Thickness [nm]	Density [g/cm^3]	$n=1-\delta$	$k=\beta$	Critical angle [degree]	Density [g/cm^3]	$n=1-\delta$	$k=\beta$
1	$1202.7 \pm 10\%$	$3.17 \pm 9.17\%$	0.967028 ± 0.002922	0.029893 ± 0.002752	$0.26 \pm 5\%$	$3.39 \pm 10\%$	0.967066 ± 0.003376	0.0322278 ± 0.0033033
2	$196.4 \pm 10\%$	$4.89 \pm 10.3\%$	0.950456 ± 0.004824	0.046220 ± 0.004809	$0.32 \pm 5\%$	$5.04 \pm 10\%$	0.951069 ± 0.005015	0.0478818 ± 0.0049079
bulk	-	7.19	0.929641	0.0659604	0.38	7.19	0.930275	0.0682304

[참고문헌]

1. S. Y. Lee, T. G. Kim, C. Y. Kim, I-Y. Kang, Y-C. Chung, and J. Ahn, "Combined absorber stack for optimization of the EUVL mask," Proc. SPIE **6151**, 61511Y (2006).
2. M. Sugawara, A. Chiba, and I. Nishiyama, "Effect of incident angle of off-axis illumination on pattern printability in extreme ultraviolet lithography," J. Vac. Sci. Technol. B **21**, 2701 (2003).