

DC/RF Magnetron Sputter를 이용한 무반사 및 고반사 박막증착

양진석^{***}, 조운조^{*}, 이천^{**}, 김동우^{*#}, 신춘교^{##}
한국과학기술연구원^{*}, 인하대학교^{**}, 광운대학교[#], 중앙대학교^{##}

A thin film condition of material for AR and HR coating by the DC/RF Magnetron Sputter

Jin-Seok Yang^{***}, Woon-Jo Jo^{*}, Cheon Lee^{**}, Dong-Woo Kim^{*#}, Chun-Kyo Shinn^{##}
KIST^{*}, Inha Univ.^{**}, Kwangwoon Univ.[#], Joongang Univ.^{##}

Abstract

The purpose of AR and HR coating is acquire the very low reflection rate and the high reflection rate through the deposition of a thin film using the refraction of material. Basically if the high refractive material and the the low refractive material are chosen and the condition for the experiment is determined, then we solve the project with the optical design and multi thin film coating. First of all, we choose SiO₂ for the low refractive material and TiO₂ for the high refractive material and apply Sputtering System easy to control the refraction rate and excellent in reconstruction to the equipment of thin film multiplication. For the control of the refraction rate and growth rate we modify RF Power and the ratio of Gas(Ar:O₂), And we use Ellipsometer for estimaton and analysis of the refraction rate and growth rate and AFM&SEM for the analysis of surface and component.

Key Words : AR and HR coating, refractive index, growth rate, RF power, the ratio of Gas(Ar:O₂)

1. 서 론)

무반사, 고반사 코팅이란 소재의 굴절률을 이용한 박막 증착으로 아주 낮은 그리고 높은 반사율을 얻는 것인데 이러한 성질을 이용하여 소자의 특성을 최대한 발휘할 수 있도록 해주는 것이 궁극적인 목적이다. Semiconductor Laser Diode는 기본적으로 광 증폭기에 positive feedback을 가진 소자인데 feedback 정도는 주로 소자의 양 끝 단면의 반사율에 의해 결정이 되는데 이 단면에 무반사, 고반사 코팅을 하여 소자의 특성이 높게 되고

광통신 시스템에 유망한 핵심부품인 Semiconductor Optical Amplifier(SOA) 소자에 응용 facet 양단에 무반사 코팅으로 반사율을 최대한 낮추어 두면에서 back reflection 되어 gain medium 쪽으로 feedback 되는 빛의 양을 최소화하여 소자의 특성을 극대화 하게 된다.

광학 박막은 저굴절률과 고굴절률 소재를 단층 또는 다층으로 쌓아서 코팅을 하게 되는데 본 연구에서는 저굴절률 박막에 흔히 쓰이고 있는 SiO₂와 고굴절률 박막에 많이 활용되는 TiO₂를 가지고 Sputtering System을 사용하여 각 물질에 대한 박막 조건을 찾는데 심혈을 기울였다.

* 한국과학기술연구원 나노소자연구센터

Fax : 02-958-5735, E-mail : dong1210@kist.re.kr

2. 실험

2.1 실험장치

본 실험에서 사용된 진공장비는 DC/RF Magnetron Sputter로 저진공은 Rotary Pump, 고진공은 Cryopump로 진공을 만드는 장치가 구성이 되어 있고 실험 물질이 SiO₂와 TiO₂이므로 전원은 RF Power를 썼다. 그리고 증착을 하기 위한 기판은 P-type Si(100)을 사용하였다.

표1. SiO₂ 실험에서의 스퍼터링 조건

sample	Base Pressure (10 ⁻⁷ Torr)	Working Pressure (10 ⁻⁷ Torr)	Substrate Temperature	RF-Power (W)	Deposition Time (min)	Gas (sccm)	
						Ar	O ₂
SiO ₂ -1	7.30	2.13	room temperature	150	120	2.0	1.0
SiO ₂ -2	8.50	3.02	•	150	120	4.0	1.0
SiO ₂ -3	8.30	3.80	•	150	120	6.0	1.0
SiO ₂ -4	8.50	4.58	•	150	120	8.0	1.0
SiO ₂ -5	6.80	2.12	•	200	120	2.0	1.0
SiO ₂ -6	8.50	2.99	•	200	120	4.0	1.0
SiO ₂ -7	7.50	3.79	•	200	120	6.0	1.0
SiO ₂ -8	8.50	4.57	•	200	120	8.0	1.0

표2. TiO₂ 실험에서의 스퍼터링 조건

sample	Base Pressure (10 ⁻⁷ Torr)	Working Pressure (Torr)	Substrate Temperature	RF-Power (W)	Deposition Time (min)	Gas (sccm)	
						Ar	O ₂
TiO ₂ -1	7.50	1.98	room temperature	150	120	2.0	1.0
TiO ₂ -2	8.10	2.95	•	150	120	4.0	1.0
TiO ₂ -3	8.40	3.78	•	150	120	6.0	1.0
TiO ₂ -4	7.70	4.49	•	150	120	8.0	1.0
TiO ₂ -5	8.50	2.05	•	200	120	2.0	1.0
TiO ₂ -6	7.90	2.98	•	200	120	4.0	1.0
TiO ₂ -7	8.40	3.71	•	200	120	6.0	1.0
TiO ₂ -8	8.50	4.51	•	200	120	8.0	1.0

2.2 실험방법

기본진공은 8.5×10⁻⁷ 이하의 상태로 만들었고 Gas(Ar:O₂)량의 비율을 조절하였으며 RF Power도 변화를 주어서 실험하였다. 그리고 Oxide 물질을 증착하기 때문에 안정된 증착 분위기를 위해 O₂를 1.0sccm 주입하였다.

3. 결과 및 고찰

SiO₂, TiO₂ 각각 8개의 sample을 Ellipsometer를 활용하여 refractive-index와 growth-rate를 확인 하였다. 광통신용으로의 활용을 고려하여 1300~1700nm 파장에서 측정하였다.

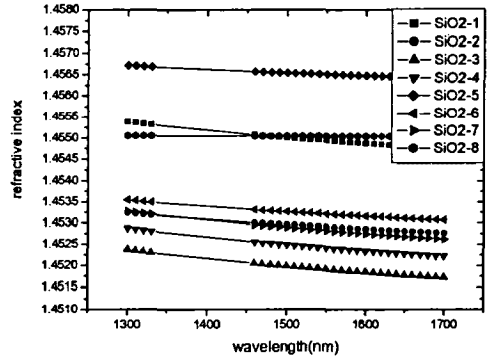


그림1. SiO₂ 각각의 sample에 대한 1300~1700nm에서의 refractive-index

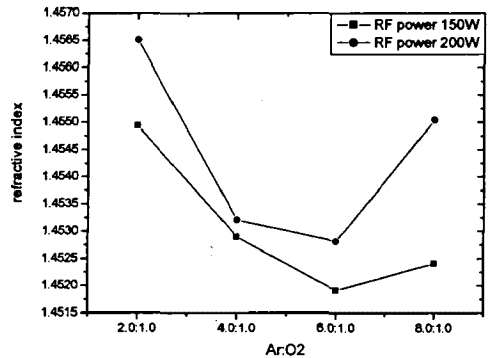


그림2. SiO₂ 각각의 sample에 대한 1550nm 파장에서의 refractive-index의 변화

표3. SiO₂의 RF Power와 Gas량에 따른 Growth rate

	RF Power(W)		Gas량(sccm)	
	150	200	Ar	O ₂
Growth Rate (Å/min)	4.786	7.232	2.0	1.0
	3.577	5.520	4.0	1.0
	2.923	4.985	6.0	1.0
	2.676	3.861	8.0	1.0

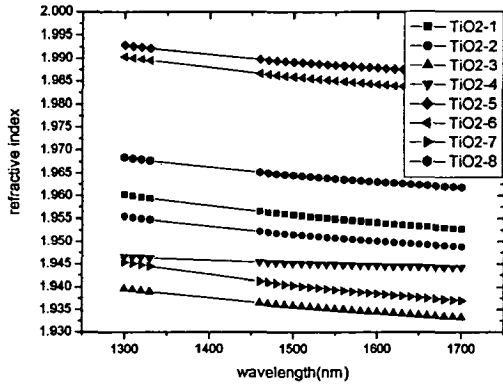


그림3. TiO₂ 각각의 sample에 대한 1300~1700nm에서의 refractive-index

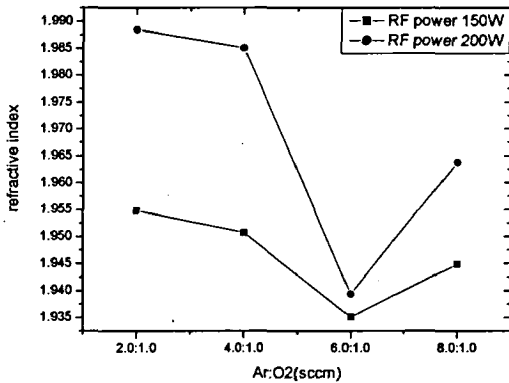


그림4. TiO₂ 각각의 sample에 대한 1550nm 파장에서 refractive-index의 변화

표4. TiO₂의 RF Power와 Gas량에 따른 Growth rate

	RF Power(W)		Gas량(sccm)	
	150	200	Ar	O ₂
Growth Rate (A/min)	3.656	4.935	2.0	1.0
	2.552	3.873	4.0	1.0
	2.092	3.085	6.0	1.0
	2.033	3.002	8.0	1.0

Ellipsometer 분석결과 RF power 변화에 따라 growth rate가 상승하였고 Ar의 비율이 증가함에 따라 growth rate가 감소하였다. 굴절률은 Ar의 비율이 증가함에 따라 낮아지다가 다시 높아짐을 보았다.

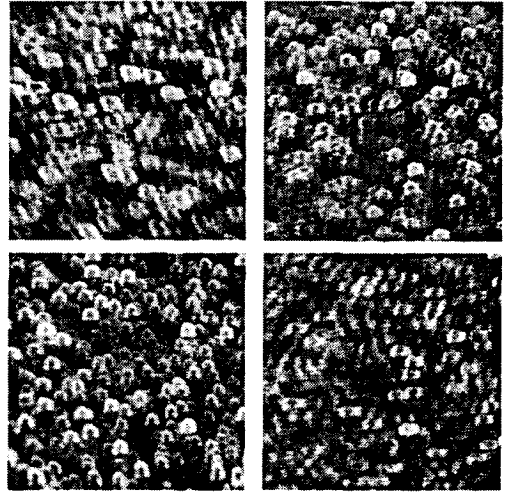


그림5. SiO₂-1,3,7,8 sample에 대한 AFM 표면사진 (그림의 Size는 가로, 세로 각각 1μm)

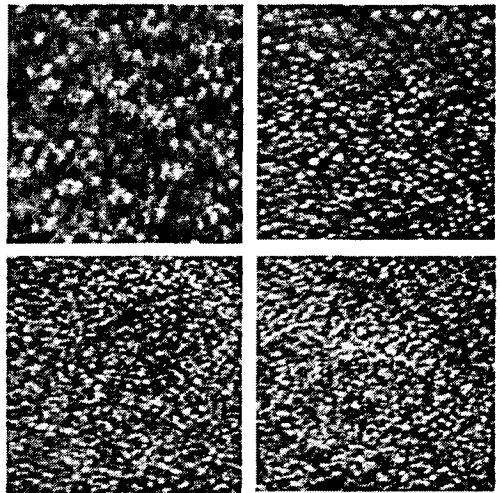


그림6. TiO₂-1,5,7,8 sample에 대한 AFM 표면사진 (그림의 Size는 가로, 세로 각각 1μm)

각 조건에 따라 굴절률이 낮게 나온 것과 높게 나온 것을 가지고 성장 모습과 표면상태를 AFM으로 확인하였다. 그 결과 SiO₂-7과 TiO₂-7의 sample이 비교적 안정된 성장을 보여서 다시 이 두 sample을 가지고 SEM으로 단면을 측정하였다.

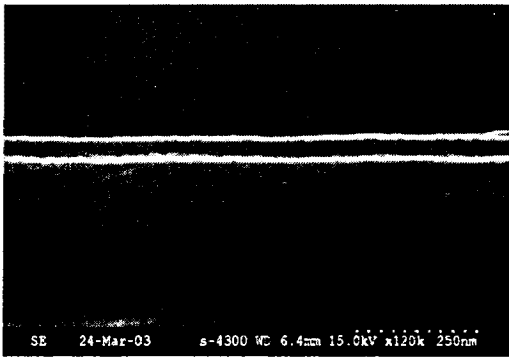


그림7. SiO₂-7 sample에 대한 SEM 단면사진



그림8. TiO₂-7 sample에 대한 SEM 단면사진

4. 결론

미세한 굴절률의 변화를 조절하기 위해 Gas량 비율과 RF Power의 조절이 용이한 Sputtering System을 활용하여 실험 분석한 결과 조건에 따른 refractive-index와 growth-rate 변화를 확인할 수 있었고 본 실험 장치에 맞는 SiO₂와 TiO₂ 박막 증착 조건을 찾을 수 있었다. 궁극적으로 광학 코팅이 필요한 소자의 쓰임에 맞게 광학설계 하여 위의 실험을 토대로 활용한다면 소자의 특성을 극대화 하는데 기여할 것이다.

참고 문헌

- [1] Milton Oring, The Materials Science of thin films, Academic Press Inc,1992, pp109~132
- [2] M.C.Farries, J.Buus and M.Kearley, "Design and Fabrication of two layer antireflection

coatings for semiconductor optical amplifier", Electronics Letters, vol.26 no.19, 13th Sep.1990 pp 1626~1627

- [3] 황보창권, "박막광학", 다성출판사, pp91~117 pp229~237
- [4] 류승환, 김동진, 김의정, 고승국, 한성홍 "RF/DC 마그네트론 스퍼터링이 의해 제조된 TiO₂박막의 광학적 구조적 특성", 한국광학회 2001년도 하계 학술 발표회
- [5] H. Ohsaki, T. Tachibana, A. Hayashi, A. Mitsui, Y. Hayashi "High rate sputter deposition of TiO₂ from TiO_{2-x} target", Thin Solid Films 351, 57-60 (1999).