

분광타원해석법을 이용한 AlN 박막 분석

주한용*, 김형준*, 김상준**, 김상열**

*서울대학교 재료공학부, **아주대학교 물리학과

1. 서론

질화 알루미늄(AlN)은 wurtzite구조를 갖는 III-V 족 반도체로서 고온 안정성이 높고, 6.2 eV의 큰 밴드갭을 가지며 GaN, InN등의 III-V족 질화물과 고용체를 잘 이루기 때문에 광전소자 및 내환경 소자 재료로 주목을 받고 있다. AlN의 굴절율은 재료의 결정성에 따라 달라진다고 알려져 있다. 비정질은 1.8 - 1.9, 다결정 박막은 1.9 - 2.1, 에피성장 박막은 2.1 - 2.2, 그리고 단결정은 2.2이다[1]. AlN 박막의 제조에 있어서 특성을 좌우하는 불순물은 산소인데, 많이 유입되면 비정질의 oxynitride(AlO_xN_y) 박막이 되면서 굴절율이 1.65까지 저하하는 현상을 이용하여 광학 필터를 제작하려는 연구도 있었다[2].

AlN 박막의 분석에 있어서 두께와 굴절율에 대한 정보는 매우 중요하다. 본 연구에서는 분광타원해석법(Spectroscopic Ellipsometry)을 이용하여 굴절율과 두께를 측정하여 이와 관련된 박막의 구조에 대한 고찰을 하였다[3]. 분광타원해석법은 특히 투명한 기판이 아닌 다층막 구조의 박막(AlN/SiO₂/Si) 분석에 매우 효과적인 방법이다.

2. 실험방법

반응성 RF 마그네트론 스퍼터링법에 의해 Si, SiO₂/Si 기판에 증착한 AlN 박막을 위상변조방식의 분광타원해석기(Jobin-Yvon, UNISEL)를 이용하여 입사각 70°, 에너지 0.7 - 4.5 eV 범위의 스펙트럼을 얻고 이로부터 Sellmeier 분산관계식과 유효매질이론(Effective Medium Theory)을 이용하여 다층막의 두께와 굴절율을 계산하였다. 박막의 두께가 500 nm 이상일 때는 타원해석 상수인 Ψ 와 Δ 의 진동이 잦아져서 최적 맞춤을 할 때, 회귀분석의 오차합수가 커지므로 기판에 대한 측정 결과와 전자현미경 관찰을 통한 두께를 참고로 하여 초기치를 정하고 변수를 줄이는 방법을 이용하였다. 또한 표면의 거칠기와 산화막의 존재를 반영하기 위해 표면층을 도입한 모델을 위주로 분석을 행하였다.

3. 결과 및 고찰

박막층의 모델링과 회귀분석을 통한 최적맞춤을 수행한 결과 다른 분석 방법을 이용하여 측정된 값들과 크게 다르지 않았으나 3.2 eV이상의 스펙트럼에서 편차가 커서 신뢰도를 낮추는 경향이 나타났으므로 0.7 - 3.2 eV 범위의 측정치만을 이용하여 분석을 행하였다.

Fig. 1에 RF 전력에 따른 박막의 두께와 굴절율을 나타내었다. 박막의 두께는 즉, 증착속도는 RF 전력의 증가에 따라서 선형적으로 증가하고 굴절율 또한 증가하는 경향을 나타내었지만 Ar/N₂ = 4/2 mTorr인 조건에서는 굴절율이 선형적 증가에서 벗어난다. 굴절율의 증가는 결정성의 향상과 미세구조의 치밀화에 기인한다. 이들 박막들의 SEM 사진과 XRD 결과를 참고하면, 결정화도 및 c-축 배향성이 낮고 거칠고 불균일한 표면 형상을 보이는 시료는 낮은 굴절율을 보이는데, 이는 불순물, 기공등의 결합 농도의 증가 및 표면 거칠기에 기인한 것으로 사료된다.

Table 1에 대표적인 분석 결과를 나타내었다. 대체로 굴절율은 증착 조건에 따라 경향성 있게 변화하고 표면이 거친 시료는 표면층의 두께가 크게 측정되어 성장 구조를 반영하였다. 동일한 시료 내에서는 굴절율은 비슷한 값으로 유지되고 부위에 따른 두께의 변화를 관찰할 수 있었다.

4. 결론

분광타원해석법을 이용하여 AlN 박막의 두께와 굴절율을 측정하여 미세구조의 치밀화, 결정성에 대한 평가의 척도로 이용할 수 있고 박막 두께의 균일도를 평가하는데 유용한 수단이 될 수 있다.

참고 문헌

- [1] James H. Edgar, 'Properties of Group III Nitrides,' (INSPEC, London, UK, 1994).
- [2] C.K. Hwangbo, L.J. Lingg, J.P. Lehan, H.A. Macleod, and F. Suits, "Reactive ion assisted deposition of aluminum oxynitride thin films," Applied Optics 28(14) 2779 - 2784 (1989).
- [3] S.Y. Kim, "Simultaneous determination of refractive index, extinction coefficient and void distribution of titanium dioxide thin film using optical methods," Appl. Opt., 35(34), 6703-6707 (1996).

Table 1. Optical parameters of AlN thin films analyzed by spectroscopic ellipsometry.

No.	deposition condition			t_f (nm)	t_s (nm)	a	b	λ_o	V_{sf}	n_f	n_s	σ
	Ar/N ₂	Power	Time									
1	6/2mtorr	150W	120min. SiO ₂	724.1	14.3	1.111	3.087	140.1	0.684	2.085	1.302	0.1076
2	4/2mtorr	180W	240min. SiO ₂	1763.6	18.6	1.208	3.007	144.5	0.623	2.093	1.373	0.2378
3	6/2mtorr	180W	240min. SiO ₂	1844.8	12.6	1.081	3.190	144.7	0.646	2.109	1.351	0.2589
4	8/2mtorr	180W	240min. SiO ₂	1364.6	23.4	1.045	2.989	144.3	0.540	2.048	1.450	0.1958
5-C	4/2mtorr	180W	240min. Si 3"	2051.4	6.16	1.096	2.966	142.1	0.687	2.054	1.291	0.1124
5-N	4/2mtorr	180W	240min. Si 3"	1884.3	10.0	1.022	3.029	139.8	0.641	2.051	1.340	0.0717
Si-1	6/2mtorr	150W	60min. Si	268.1	87.8	1.033	2.930	137.1	0.985	2.027	1.012	0.0203
Si-2	6/2mtorr	150W	120min. Si	596.7	23.9	1.074	2.979	138.0	0.923	2.050	1.063	0.0266
Si-3	6/2mtorr	150W	250min. Si	1272.3	14.4	1.098	3.022	140.4	0.594	2.068	1.397	0.0501

* t_f : film thickness, t_s =surface layer thickness, V_{sf} =void fraction of surface layer,
 n_f , n_s : refractive index of film and surface layer respectively. σ : standard deviation of fitting.

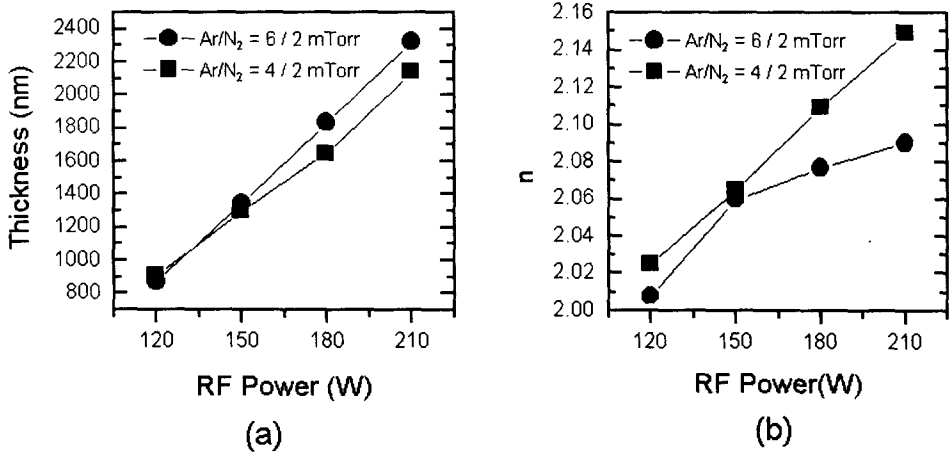


Fig. 1. Rf power dependence of (a) thickness and (b) refractive index(at 633nm) of AlN thin films deposited for 240 min.