

질소ECR 플라즈마에 노출된 Al 박막의 분광타원해석

허근무·이순일·김상열·오수기

아주대학교 물리학과

AlN은 에너지 갭(energy gap)이 크고 열적, 화학적 안정성이 뛰어나며 높은 열전도도와 뛰어난 전기 절연성을 갖고 있어서 미세 전자회로(micro-electronics)의 절연 기판이나 방열재료(heat sink) 등으로 사용될 수 있고, 광회로(optical circuit), 고주파용 소자, 적외선 레이저 투과 재료로서의 활용도 기대되고 있다.

본 연구에서는 Si 기판 위에 증착한 Al 박막을 질소 전자 사이클로트론공명(electron cyclotron resonance, ECR) 플라즈마에 노출시켜 질화 Al 막을 형성시켜 보았다. ECR 플라즈마는 낮은 압력에서 고밀도의 플라즈마를 형성시킬 수 있으며 마이크로파를 이용하여 플라즈마를 발생시키기 때문에 전극에 의한 오염이 없고, Al 시료에 인가(bias) 전압을 걸어주지 않아도 플라즈마가 유지되는 것이 특징이다.

열증착장치로 Si(111) 기판 위에 Al 박막을 형성시키고 증착된 Al 박막을 질소 ECR 플라즈마에 노출시키는 2단계 과정으로 시료를 제작하였다.

ECR 지점은 반응실과 캐비티의 경계 지점에서 캐비티 속으로 5cm 지점에서 형성되었다. 이 ECR 지점을 $z = 0$ cm 지점으로 하고, 이 공명지점에서 반응실 쪽으로의 거리를 z 값으로 하여 시료의 위치를 나타내었다.

랑뮈르 단탄침법으로 질소 ECR 플라즈마의 특성을 조사한 결과, 플라즈마의 상태는 위치에 따라 변하는 것으로 나타났다.

기판 뒷면에 열전대를 부착하여 질소 ECR 플라즈마에 노출시킨 Si기판의 온도를 측정하였다. 기판의 온도는 플라즈마 발생 시점으로부터 100°C/분의 비율로 급히 증가하다가 5 - 6 분후에는 포화 상태를 이루었다. 포화 온도는 ECR 플라즈마 내에 시료가 놓인 위치에 따라 달랐으며 ECR 공명 지점으로부터 멀리 놓일수록 낮게 측정되었다.

플라즈마에 노출된 Al박막의 표면이 시료의 위치에 따라 보여주는 변화의 차이를 알아보기 위하여 $z = 3, 5, 7$ cm 에서 각각 시료를 제작하였다. 또한 노출시간에 따른 표면변화의 차이를 알아보기 위하여 $z = 3$ cm 에서 5, 10, 15, 20 분 동안 노출시킨 시료를 각각 제작하였다.

제작된 시료는 비파괴적이며 1Å이하의 두께 측정정밀도를 가지고 있으며 다중박막구조의 분석이 가능한 분광타원해석법(Spectroscopic Ellipsometry, SE)을 사용하여 분석하였다.

먼저, 예상되는 박막구조의 변화에 따르는 타원해석 스펙트럼의 변화를 전산 모의계

산하고 이러한 전산 모의계산 결과들을 참고로 하여 본 실험에서 제작된 시료들의 박막 구성성분과 두께 분포의 박막모델을 결정하였다. 각각의 시료에 대해 모델링 과정을 통해 모델 상수들을 정하였다.

$z = 3 \text{ cm}$ 에서 5, 10, 15, 20 분 동안 노출시킨 시료를 SE로 타원해석상수 스펙트럼을 측정하였다. 그 결과 순수한 AlN의 두께는 노출시간이 길수록, 그리고 ECR 지점과의 거리가 가까울수록 증가되는 것을 알 수 있었다. 또한 노출시간의 제품근 대 순수한 AlN층의 두께에 대한 그래프에서 선형적인 변화는 알루미늄 내의 질화층 성장이 알루미늄 내부로의 질소 확산 (diffusion) 에 의한 것으로 이해할 수 있는 근거를 준다.

노출시간을 20 분으로 같게하고 ECR 지점과의 거리를 변화시킨 시료에서 ECR 지점과 가까워질수록 순수한 질화층의 두께가 점점 증가하는데, 이와 같이 ECR 지점과의 거리가 가까워질수록 질화층의 두께가 증가하는 것은 기판의 온도 상승과 이에 따른 알루미늄 내의 질소 확산도 (diffusivity) 증가 때문이라 생각된다. 위의 사실들로 미루어 AlN은 Al의 표면에 흡착된 질소가 Al 속으로 확산하여 이루어진 것으로 설명하였다.

SE로 분석한 각 시료들에 대한 질화층 분포

Sample No.	Condition	박막의 총 두께	AlN의 두께 (d_{AlN})	Al+AlN의 두께 (d_{Al+AlN})	AlN의 유효 두께	unbiased estimator
#1	ECR - 3cm time:5min.	140 Å	51 Å	89 Å (AlN:65%)	108.9 Å	0.0430
#2	ECR - 3cm time:10min.	147	67	80 (AlN:68%)	121.4	0.0459
#3	ECR - 3cm time:15min.	160	99	61 (AlN:60%)	135.6	0.0433
#4	ECR - 3cm time:20min.	154	108	46 (AlN:53%)	132.4	0.0477
#5	ECR - 5cm time:20min.	150	81	69 (AlN:50%)	115.5	0.0513
#6	ECR - 7cm time:20min.	138	56	82 (AlN:65%)	109.3	0.0425