

[II ~3]

Ion Beam assisted Evaporation 공정을 이용한 GaN 박막 합성시 질소종 및 에너지가 박막 물성에 미치는 영향

심희성, 김기성, 전찬욱, 김선효
포항공과대학교 재료금속공학과

1. 서론

최근 플라즈마를 이용하여 질소원을 활성화, 해리시켜 저온에서 GaN를 합성하려는 시도가 이루어지고 있다. 이러한 저온공정의 장점은 휘발성의 질소 vacancy 생성을 억제시켜 광물성을 향상시킬수가 있고 청색 발광층인 InGaN층에 대한 In cooperation 증가 및 hetero-epitaxy시의 피할 수 없는 문제인 기판과 박막과의 열팽창계수 차이로 인해 계면에 발생하는 결함의 최소화 등 여러가지가 있다.

그러나 플라즈마 공정에서는 활성화된 질소 분자뿐만 아니라 질소 이온이 생성되게 되므로 ion damage에 의해 박막의 물성이 퇴화되게 된다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 통상적인 Kaufmann type ion gun에 사용되는 ion optics를 개조하여 질소 이온의 추출을 억제하여 활성화된 질소 분자만을 선택적으로 공급하였다. 또한 ion gun내 방전 챔버에 인가하는 방전 전압을 변화시킴으로써 활성 질소 분자의 에너지가 박막의 물성에 미치는 영향을 고찰하였다.

2. 실험방법

본 실험에서는 Ta heater assembly를 통해 저항가열 방식으로 Ga를 공급하였고 두께 모니터를 이용하여 공급량을 확인하였다. 또한 ion gun을 통해 질소를 활성화시켜 공급하였다. 기판으로는 sapphire를 사용하였고 halogen lamp를 통해 가열하였다.

sapphire 기판을 30분간 질화처리한 후 성장 온도, Ga/N₂ 공급량, 방전 전압 등을 변화시키며 GaN 박막을 성장시켰다. 성장된 GaN 박막은 α -step으로 두께를 측정하였고, AFM(Atomic Force Microscopy)을 이용해 표면 형상 및 거칠기를 XRD(X-ray Diffraction), PL(PhotoLuminescence) 등으로 결정성과 광학적 성질을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

본 실험에서 질소원으로 사용한 Kaufmann type ion gun에서 추출되는 활성화 질소 분자(N_2^*)와 질소 이온(N_2^+)의 비를 조사하기 위해 single Langmuir probe를 사용하였다. ion gun 내부에 설치된 grid에 입사되는 ion current를 측정한 결과, 방전 전류 1.2 A 조건에서는 질소 유입량과 방전 전압에 따라 0.1 - 10 mA의 변화를 보였다. 그러나 grid 외부에 설치한 probe에 입사되는 ion current는 1 μ A 정도였다. probe에는 전자에 의한 이온 전류의 상쇄를 방지하기 위해 -35 V의 전압을 인가하였다. 이것으로부터 방전챔버에서 생성된 질소이온은 대부분 grid로 빨려들어가게 되고, 기판으로 입사되는 질소종은 전자 충돌로 인해 생성된 활성 질소 분자 및 grid 근처의 sheath region에서 발생한 ion-neutral 간의 전하 교환 충돌로 생성된 활성 질소 분자가 대부분임을 확인할 수 있었다.

ion optics 개조를 통해 이온의 기판 입사를 억제한 경우 박막의 물성이 월등히 향상되었으며, 또한 방전 챔버에 인가되는 전압을 최소화할수록 박막의 물성이 향상되었다. 이것은 중성화된 입자라 하더라도 전하 교환된 입자는 운동에너지를 간직한채 기판으로 입사되기 때문이다.

기판온도 740°C, 증착압력 1.2 mTorr 조건에서 이온건 방전전압을 25V, 35V, 45V로 증가시키며 성장시킨 GaN 박막의 DCRC(Double Crystal Rocking Curve) 측정 결과 방전 전압이 낮을수록 결정성이 향상됨을 볼 수 있었다. 이것은 높은 에너지로 입사되는 활성 질소종에 의해 박막에 가해지는 스트레스 때문으로 생각된다.

또한 방전전압 25V, 증착압력 1.2 mTorr 조건에서 증착온도 640°C, 740°C에서 실험한 결과 박막의 결정성과 표면 거칠기는 고온에서 향상되었으나, PL 측정결과 640°C에서 성장된 GaN 박막에서만 360 nm 근처의 bandedge peak을 관찰할 수 있었다. 이것은 고온일수록 질소 vacancy가 생성될 가능성이 높고, 기판과의 열팽창계수 차이로 인한 thermal stress가 증가하여 박막/기판 계면 지역에 많은 결함이 생성되기 때문으로 생각된다. 특히 thermal stress 효과를 관찰하기 위해 Uv/Vis spec.으로 투과율을 측정한 결과 고온에서 성장된 박막의 흡수단(absorption edge)이 단파장 쪽으로 이동함을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 P.Perlin⁽¹⁾ 등의 결과인 스트레스가 증가할수록 흡수단이 단파장쪽으로 이동하는 것과 같은 경향을 보였다.

이상의 결과로부터 이온의 기판입사를 억제하고 활성화된 질소 분자의 에너지를 낮출수록 박막의 물성이 향상되며 활성 질소종을 사용하여 저온에서도 고품위의 GaN 박막을 합성하는 것이 가능함을 알 수 있었다.

[참고문헌]

1. P.Perlin, I.Gorczyca, N.E.Christensen, I.Grzegory, H.Teisseyre, T.Susik, Physical Review B, V45, N23, 13307 (1992)