

원격플라즈마 유기금속화학증착법에 의한  
GaN 박막 성장에 미치는 rf 질소 플라즈마의 영향  
Effects of rf nitrogen plasma on the growth of GaN thin films by  
remote plasma-enhanced metal-organic chemical vapor deposition

손철수, 김민홍, 이재형, 허순옥\*, 윤의준  
서울대학교 재료공학부 및 반도체공동연구소\*

### 1. 서론

GaN는 3.4 eV의 금지대폭을 갖는 직접전이형 반도체로서 소위 청색소재로 널리 알려져 있다. 현재 이 물질의 성장에 주로 이용되는 MOCVD (Metal-Organic Chemical Vapor Deposition) 방법은 1,000 °C 이상의 고온을 필요로 하며 이로 인해 여러가지 문제점들을 야기하고 있다. 반면 MBE (Molecular Beam Epitaxy) 방법은 GaN 성장을 위한 활성 질소원으로 ECR (Electron Cyclotron Resonance) plasma source, rf radical plasma source를 이용하며, 700 °C 부근에서 저온성장을 하고 있다.[1] 본 연구에서는 기존의 MOCVD 방법에서 사용하는 NH<sub>3</sub> 대신 rf 질소 플라즈마를 이용한 저온성장을 시도하였으며, 질소 플라즈마의 특성과 질소 플라즈마가 GaN 박막 형성에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

### 2. 실험방법

실험에 사용된 RPE-MOCVD (Remote Plasma-Enhanced MOCVD) 장비는 실험실에서 GaN 박막 성장에 적합하도록 자체 제작한 것으로 장비의 자세한 내용과 박막 성장방법은 이미 보고한 내용과 같다.[2] Rf 질소 플라즈마는 외경 3.1 cm의 석영관에 코일을 감아 기판에서 약 20 cm 떨어진 곳에서 형성시켰으며, TEGa는 반응기내에 직경 15 cm의 가스링을 설치하여 기판에 직접 분사하였다. Rf 질소 플라즈마의 특성평가에는 OES (Optical Emission Spectroscopy) 방법이 이용되었으며, aperture를 이용한 일반적인 측정방법을 이용하여 국부적인 위치의 플라즈마를 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

GaN 성장에 사용되는 질소 플라즈마에는 다양한 여기 질소원들이 존재하는데, 주로 질소 분자와 원자, 이온에 의한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 소위 2nd positive series ( $C^3\Pi_u \rightarrow B^3\Pi_g$ , 300~460 nm)와 1st positive series ( $B^3\Pi_g \rightarrow A^3\Sigma_u^+$ , 530~1,000 nm)라고 분류되는 진동 모드에서 여기된 질소분자 ( $N_2^*$ )의 발광스펙트럼이 측정되었으며, 2nd harmonic 피크는 관찰되지 않았다.[3,4] 그리고 ECR source에서 나타나는  $N_2^+$  (391.4 nm) 발광 피크와 rf radical source에서 관찰되는 745, 821, 869 nm 질소 원자 피크는 나타나지 않았다.[3,4] 가장 강한 발광을 하는 776 nm 피크를 기준으로 삼아 여러 실험 영역에서의 플라즈마 특성을 비교하여 보았으며, 측정 위치는 기판을 기준으로 수평방향을 x축으로, 수직방향을 y축으로 설정하였다. Fig. 2에는 플라즈마 형성 위치로부터 기판까지의 발광강도의 변화를 나타내었다.

500 mTorr 반응기 압력에서 rf 전력이 20에서 60 W으로 증가하면서 Ga droplet이 생기던 조건에서 투명한 GaN가 형성되는 조건으로 변화하였다. 그러므로 rf 전력 증가에 따라 활성 질소원의 유입이 증진된다고 판단할 수 있으며, Fig. 3(a)에 나타낸 OES 측정 결과도 이를 뒷받침하고 있다. Fig. 3(b)에 나타낸 바와 같이 반응기 압력의 증가에 따라 반응기 내부에서의 발광강도는 감소되는 것으로 관찰되었지만, 플라즈마가 형성되는 석

영관 내에서는 그 발광 강도가 증가하였다. 이로부터 압력이 높고, 기체 유량이 적을수록 활성 질소의 석영관 내에서의 체재 시간이 길어져 이 부분에서 많은 발광이 나타나는 것으로 생각되며, 기관위에 도달되는 활성질소는 압력이 낮고, 유량이 클수록 증가된다고 판단된다. 실제 GaN 박막의 성장속도도 반응기 압력이 낮고 유량이 클수록 증가하였다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 원격 질소 플라즈마와 TEGa를 반응기체로 사용하여 (0001) sapphire 기관위에 GaN 박막을 성장시켰다. 질소 플라즈마에 대한 OES 측정 결과 주된 피크는 질소 분자 라디칼에 의한 것이며, 실험조건에 따라 그 발광강도는 많은 변화를 나타내었다. 질소 플라즈마는 압력이 낮고 유량, rf 전력이 클수록 효과적이며 GaN 박막 성장결과도 이를 뒷받침하고 있다.

#### 5. 참고문헌

- [1] S. Strite and H. Morkoç, J. Vac. Sci. Technol. B **10**, 1237 (1992).
- [2] 손철수, 김민홍, 이재형, 허순옥, 윤의준, 제3회 한국반도체 학술대회 논문집, pp 169, 정읍 내장산 관광호텔, 1996년 2월 12-14일.
- [3] K. Ohkawa, A. Ueno, and T. Mitsuyu, J. Crystal Growth **117**, 375 (1992).
- [4] R. P. Vaudo, Z. Yu, J. W. Cook, Jr., and J. F. Schetzina, Opt. Lett. **18**, 1843 (1993).

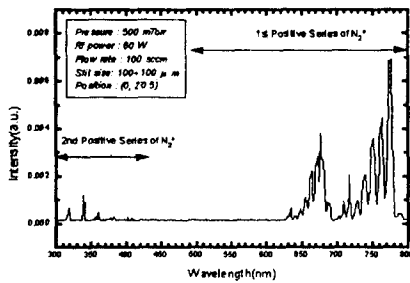


Fig. 1. Typical optical emission spectrum taken from rf N<sub>2</sub> plasma.

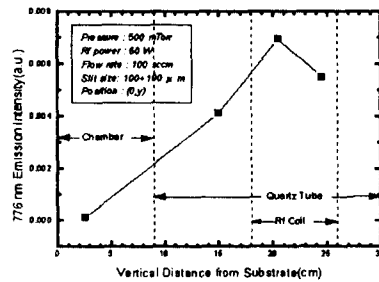
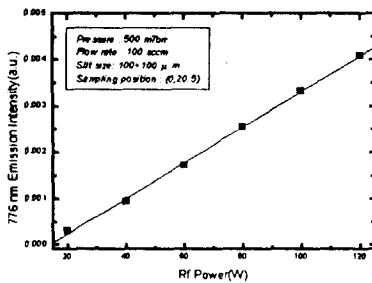
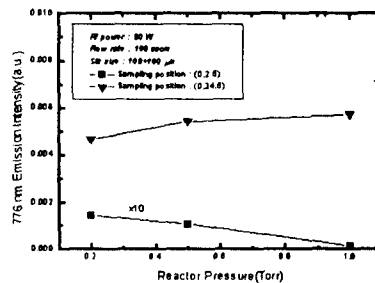


Fig. 2. N<sub>2</sub> plasma emission intensity profiles along vertical axis.



(a)



(b)

Fig. 3. Changes in optical emission intensity with (a) rf power, (b) reactor pressure.