

활성질소원이 저온 GaN 박막 성장에 미치는 영향에 관한 연구

손철수, S. Han*, E.S. Aydil*, 윤의준
 서울대학교 재료공학부

*University of California Santa Barbara

ABSTRACT

We report the effects of active nitrogens on the low-temperature growth of GaN by a remote plasma-enhanced metal-organic chemical vapor deposition method. The emission intensities of active nitrogens increase with rf power and nitrogen flow rate, but decrease with total reactor pressure. Low-temperature growth of GaN are greatly affected by the concentrations of active nitrogens and its concentrations are closely related with the emission intensities.

1. 서론

GaN는 청색 LED (Light Emitting Diode) 및 LD (Laser Diode)의 제작에 응용되는 소재로서 직접전이형 반도체이며, 박막 성장에는 고온 MOCVD (Metal-Organic Chemical Vapor Deposition) 성장 방법 또는 저온 MBE (Molecular Beam Epitaxy) 성장 방법이 주로 이용되고 있다.[1] 저온 MBE 성장의 경우 대부분 플라즈마로 여기된 활성질소원이 N의 공급원으로 이용되며, 플라즈마 전력, 반응기 압력, 기체 유량 등의 변화에 따라 GaN 박막 성장이 영향을 받는 것으로 알려져 있다.[1] 본 연구에서는 RPE-MOCVD (Remote Plasma-Enhanced Metal-Organic Chemical Vapor Deposition) 방법에 의해 GaN 박막을 성장시키면서 플라즈마 특성의 변화를 관찰하였으며, 이를 저온 GaN 박막 성장과 연관지어 고찰하였다.

2. 실험방법

실험에 이용된 RPE-MOCVD 장비는 실험실에서 자체 제작된 것으로 자세한 내용과 GaN 박막 성장 방법은 다른 곳에 보고한 바 있다.[2,3] 원하는 지점에서의 실시간 Optical emission spectroscopy 측정을 위해 Quartz fiber bundle을 이용하였으며, GaN 성장중에도 플라즈마 발광 스펙트럼을 관찰할 수 있도록 Viewport를 개조하였다. 또한 활성 질소원의 농도를 측정하기 위해 Ar 기체를 이용한 Actinometry 기법을 활용하였으며, 플라즈마 농도는 Langmuir probe에 의해 측정된 I-V 특성곡선으로부터 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

저온 GaN 박막 성장을 위한 활성질소원으로는 rf 질소 플라즈마가 이용되었으며, 통상의 GaN 박막 성장 조건에서는 질소 이온 또는 원자의 여기에 의한 발광 피크가 관찰되지 않았다. 질소 플라즈마의 발광 스펙트럼은 Fig. 1에 나타난 바와 같으며, 활성 질소 분자에 의한 2nd positive series와 1st positive series 피크들이 관찰되었다.[4] 플라즈마가 형성된 석영관 지점과 그로부터 22 cm 떨어진 지점의 발광 스펙트럼을 비교한 결과 1st positive series와 2nd positive series 피크들의 강도비가 변함을 알 수 있었으며, 이는 활성 질소원의 lifetime과 플라즈마내에 존재하는 전자농도의 변화와 밀접한 관련이 있다. 한편 GaN 박막 성장도중 관찰된 발광스펙트럼은 Fig. 1(c)와 같으며, TEGa (Triethylgallium)의 분해에 의한 Ga, hydrocarbon 피크들이 관찰되었다. 이는 원격 질소 플라즈마가 TEGa의 분해에 참여함을 의미한다.

Fig. 2는 기판위 2.5 cm 지점에서 측정된 발광 강도의 변화를 나타내었으며, 반응기 압력과 rf 전력을 변화하였다. 발광 피크는 1st positive series와 2nd positive series에서 590 nm, 337 nm를 선택하였으며, 발광 강도는 반응기 압력의 감소에 따라 급격히 증가하였다. 이는 반응기 압력의 감소에 따라 소멸되지 않고 실제 기판에 도달되는 플라즈마의

농도가 증가됨을 의미한다. Langmuir probe를 이용한 플라즈마 농도 측정 결과 그 값은 $10^8\text{--}10^9\text{ cm}^{-3}$ 로 계산되었으며, 반응기 압력의 감소 또는 rf 전력의 증가에 따라 증가하였다. 또한 질소 유량의 증가에 따라라도 기판위에 도달되는 활성질소원의 양이 증가함을 관찰하였다. 이로부터 GaN 박막의 성장에는 낮은 압력, 높은 플라즈마 전력, 높은 질소 유량이 효과적임을 알 수 있었으며, GaN 박막의 성장속도 변화를 고찰한 결과 반응기 압력이 낮을수록 성장속도가 증가함을 확인하였다. 그리고 활성질소원의 농도가 낮은 경우 700도 이상에서 성장속도가 급격히 감소하는 경향을 나타낸 반면, 활성질소원의 농도가 높은 경우 700도 이상에서도 그 성장속도가 감소하지 않음을 관찰하였다.

4. 결론

RPE-MOCVD 방법에 의한 저온 GaN 박막 성장은 활성질소원에 의해 영향을 받으며, 반응기 압력이 감소하고 rf 전력, 질소 유량이 증가할수록 기판에 도달하는 활성질소원의 농도는 증가한다. rf 플라즈마에 의해 생성된 활성질소원에서는 여기된 질소분자에 의한 피크들이 관찰되었으며, 반응기체내에 존재하는 활성질소원의 양은 발광강도의 변화와 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] H. Morkoç, S. Strite, G.B. Gao, M.E. Lin, B. Sverdlov, and M. Burns, *J. Appl. Phys.* **76**, 1363 (1994).
- [2] 손철수, 김민홍, 이재형, 허순옥, 윤의준, 응용물리 논문 심사중.
- [3] C. Sone, M.H. Kim, J. H. Yi, S.O. Heur, and E. Yoon, presented at 1996 MRS Fall Meeting, Boston, MA, Dec. 2, 1996.
- [4] A.N. Wright and C.A. Winkler, *Active Nitrogen* (Academic Press: New York and London, 1968), p.13-138.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단에서 후원하고 신소재 박막 가공 및 결정 성장 연구센터에서 주관하는 1997년도 RETCAM 사업과 1997년도 교육부 연구 지원에 의한 것으로 이에 감사드립니다.

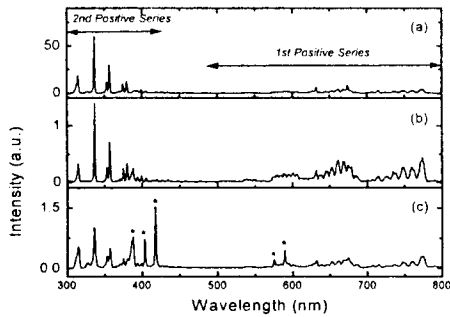


Fig. 1. Optical emission spectra of an rf nitrogen plasma taken (a) at a quartz tube region and (b) at a chamber region 2.5 cm above the substrate, (c) at the same chamber region during GaN growth. New peaks from the dissociation of TEGa are marked.

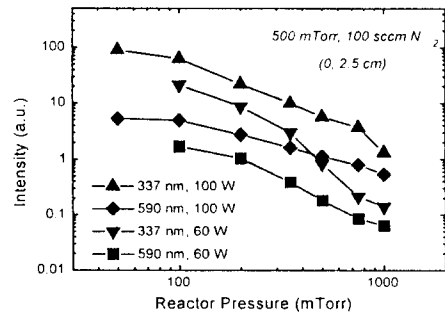


Fig. 2. Changes in optical emission intensities with total reactor pressure and rf power.