

원격 플라즈마 금속 유기 화학 기상 증착법에 의한 저온 GaN 완충막 성장에 관한 연구

A study on the growth of low temperature GaN buffer layer
by remote plasma enhanced metalorganic chemical vapor deposition

이재현, 손철수, 김민홍, 허순옥*, 윤의준

서울대학교 재료공학부, 서울대학교 반도체공동연구소*

1. 서론

최근들어 정보화 사회가 도래함에 따라 고밀도 정보처리와 새로운 시각매체 제작에 대한 관심과 투자가 끊임없이 증가하고 있는 추세이다. 이러한 요구를 동시에 충족할 수 있는 것이 바로 GaN계 화합물을 이용한 청색 및 자외선 광원의 개발인데 GaN계 화합물은 wurtzite polytype인 (In, Ga, Al)N로 1.9 eV 부터 6.2 eV까지의 금지대를 갖는 고용체를 형성할 수 있어 금지대, 반사율의 차이가 큰 이중 이종 구조의 형성이 가능하므로 carrier confinement, index guiding 효과에 의해 내부 양자 효율이 큰 소자의 제작이 가능하다^{1,2}.

RPE-MOCVD 법은 원격 플라즈마를 이용하므로 기판의 플라즈마에 의한 손상을 극소화하며 질소 전구체 (Precursor)를 활성화할 수 있으며 저온에서 성장이 이루어지므로 불순물의 유입 및 열팽창 불일치의 감소, 질소를 포함하는 기체의 낮은 평형압 등의 장점을 가지고 있는 성장 방법이다.

저온 GaN 완충막은 기판과 같은 방향의 수많은 핵생성 자리를 제공하여 quasi 2-D growth를 유발하며, 초기 핵생성 및 성장 단계와 후속 성장 단계를 분리하여 전위 등의 결함들을 완충막 내에 한정시킴으로 고품위의 후속 박막을 얻을 수 있도록 해준다. 하지만 RPE-MOCVD 법에서 rf 플라즈마가 GaN 완충막의 성장에 미치는 영향에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 TEGa, rf 질소 플라즈마를 이용한 저온 GaN 완충막의 성장 및 특성 분석으로 rf 플라즈마 조건과 온도의 변화 등이 저온 GaN 완충막의 성장에 미치는 영향에 대해 고찰하였다.

2. 실험방법

본 실험을 수행하기 위한 RPE-MOCVD 장비의 내역은 이미 보고된 바 있다³. 기판으로

는 (0001) α -Al₂O₃ 기판을 사용하였고 GaN 완충막의 성장 조건은 Table 1에 나타내었다. 기판은 성장 전에 유기물 세척을 한 후 3:1 황산:인산 용액으로 160 °C에서 10분간 식각하였다. 이러한 *ex situ* wet cleaning 후 반응기 내의 graphite susceptor 위에 장착하고 일정시간 purging한다. Turbomolecular pump를 이용하여 기저압력 (1×10^{-7} Torr)까지 pumping하고 gas line을 purging한 다음 성장을 진행하였다. 성장 방법은 질소 플라즈마를 이용하여 표면 처리를 하고 완충막을 성장시킨 후 열처리를 하는 것으로 구성되어 있다. 열처리가 끝난 후 냉각할 때 400 °C까지는 질소 플라즈마를 유지시켜 질소가 분해되어 나오는 것을 억제하였다. 완충막의 표면 형상 관찰은 AFM (Atomic Force Microscopy)을 이용하였으며, 결정성은 XRD (X-Ray Diffraction)를 이용하여 판별하였다.

3. 결과 및 고찰

500 mTorr, 500 °C, V/III \approx 12,000의 동일한 실험 조건에서 rf power를 20 W에서 60 W로 변화시켜 AFM을 이용하여 표면 형상을 관찰한 결과 (Fig. 1), rf power가 20 W인 경우에서 상대적으로 큰 island들이 형성되는 것을 알 수 있었다. 플라즈마 질소원은 압력이 낮고 유량과 rf power가 클수록 활성화 효율이 높는데, 압력과 유량은 고정되어 있으므로 rf power가 20 W인 조건은 질소의 활성화 효율이 낮아 Ga-rich한 상태가 된다고 할 수 있다. 이 상태에서는 기판 표면에서 Ga 흡착 원자들 (Adatoms)의 표면 이동 시간이 길어 표면 확산이 충분히 이루어질 수 있게 된다. 따라서 상대적으로 큰 island들이 형성된다. 반면에 rf power가 60 W인 조건에서는 높은 rf power로 핵생성 자리가 상대적으로 많고, 성장시 활성화된 질소가 많으므로 기판에 흡착한 Ga 원자들이 짧은 표면 이동 시간 내에

질소와 반응하여 GaN를 형성할 수 있다. 따라서 상대적으로 작은 island들이 형성된다고 할 수 있다.

Rf power에 따른 결정성의 변화를 확인하기 위하여 XRD를 행한 결과, rf power가 60 W인 경우 GaN의 (0001) 배향성이 상대적으로 나쁜 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 2). 이는 500 °C의 저온에서는 rf power를 높임에 따라 ion damage에 의해 (0001) 배향성을 갖지 못하기 때문으로 판단된다.

본 초록에는 언급하지 않았으나 성장 온도, 성장률, 두께 등이 완충막의 특성에 미치는 영향에 대해서는 발표시 제시할 것이다.

4. 결론

원격 플라즈마 유기 금속 화학 기상 증착법을 이용하여 (0001) α -Al₂O₃ 기판 위에 GaN 완충막을 성장시켰으며, rf power가 완충막의 특성을 크게 변화시킴을 관찰하였다. Rf power를 증가시켰을 경우 미세한 island들로 구성된 완충막이 얻어졌으나 결정성은 더 나빠지는 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

- [1] S. Strite and H. Morkoç, J. Vac. Sci. Technol. B 10, 1237 (1994).
- [2] H. Morkoç, S. Strite, G. B. Goo, M. E. Lin, B. Sverdlov, and M. Burus, J. Appl. Phys. 76, 1363 (1994).
- [3] 손철수, 김민홍, 이재형, 허순옥, 윤의준, 제3회 한국반도체 학술대회 논문집, pp 169, 정읍 내장산 관광호텔, 1996년 2월 12~14일.

Table 1. Growth conditions of GaN buffer layer.

Growth Condition		Value
Reactor Pressure		500 mTorr
Flow Rate	TEGa	0.04 sccm
	N ₂	250 sccm
Substrate Temperature		450~550 °C
Rf power		20~120 W
Bubbler Pressure		200.0 Torr
Bubbler Temperature		10.0 °C

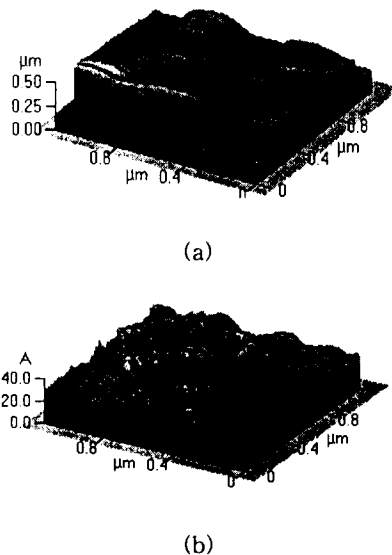


Fig. 1. AFM images of GaN buffer layers with rf power of (a) 20 W and (b) 60 W.

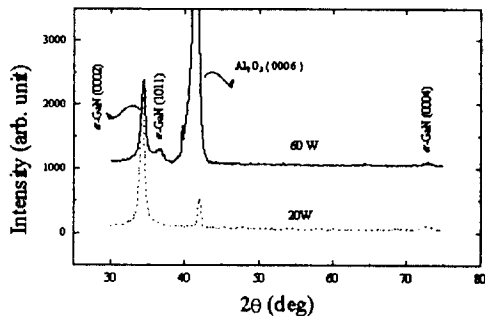


Fig. 2 XRD patterns of GaN buffer layers with rf power of 20 W and 60 W