

김민홍, 손철수, 이재형, 윤의준

서울대학교 재료공학부, 반도체재료 및 공정실험실

자외선에서 가시광선영역 범위의 광소자 물질로 주목받고 있는 III-V 질화물계에 대한 연구는 최근 GaN계 레이저 다이오드의 성공적인 제작으로[1] 인해 더욱 가속화되고 있다. GaN성장은 주로 완충막 성장을 이용한 2단계 증착법으로 비교적 큰 격자 불일치를 가지고 있는 사파이어 기판위에 효과적으로 성장이 이루어지고 있다[2,3]. 일반적으로 후속성장되는 GaN 박막의 물성은 저온 성장된 완충막의 물성에 의해 영향받게 된다. 최근에는 저온 완충막을 성장시키기 전에 사파이어 기판 표면을 질화시키는 공정으로 GaN계 박막의 물성에 영향을 주는 결과들이 보고되었다[4-7]. 질소 플라즈마나 암모니아 등의 질소 공급원으로 사파이어 표면을 전처리하는 것은 널리 이용되는 방법이며, 사파이어 표면에 형성되는 AlN 층이 GaN 박막의 성장에 영향을 주는 것으로 보인다[7-9].

본 연구에서는 저온 완충막 성장 전에 사파이어 기판 표면을 질소플라즈마로 전처리하고, 전처리가 기판의 표면 및 연속 성장되는 GaN 완충막의 성장에 미치는 영향에 대해 고찰하고자 한다.

기판의 전처리와 GaN 완충막의 성장은 rf 플라즈마를 이용한 원격플라즈마 유기금속 화학증착장치에서 수행하였다. 기판으로는 사파이어 (0001)을 유기물 세정, 식각한 후에 사용하였다. 기판의 전처리는 두단계로 진행하였다. 기판의 세정을 위해 700 °C, 0.2 Torr에서 100 W 수소 플라즈마로 30분 처리한 후, 사파이어 표면의 질화를 위해서 질소플라즈마로 처리하였다. 여러조건에서 전처리된 기판위에 저온 GaN 완충막을 성장하였다. 성장조건은 500 °C, 0.5 Torr, 40 W 질소플라즈마로 고정하고, 약 20 nm의 두께로 성장하였다. 전처리된 기판 및 완충막은 in situ RHEED, AFM, XRD, SEM, TEM 등으로 관찰하였다.

수소 플라즈마 처리후 700 °C, 0.5 Torr에서 120 W 질소 플라즈마로 1시간 처리한 사파이어 기판 표면에 AlN 층이 형성된 것으로 in situ RHEED, XPS 로 확인하였다. 수소 플라즈마만으로 전처리한 기판위에 성장된 저온 GaN 완충막은 점과 원이 섞인 in situ RHEED 패턴을 관찰하였다. 이는 GaN과 사파이어 기판과의 높은 계면 에너지에 의한 3차원적인 성장 양상을 의미한다. 그러나, AlN 층이 형성된 (수소 플라즈마 처리후 700 °C, 0.5 Torr에서 120 W 질소 플라즈마 1시간처리) 사파이어 기판위에 성장된 GaN 완충막은 선형의 RHEED 패턴을 나타내었다. 이는 GaN 박막과의 격자 불일치 및 화학적 친화도가 좋은 AlN 층에 의해 계면에너지가 낮아져 2차원적인 성장이 증진된 것으로 보인다. 이 두 완충막의 단면 TEM 사진을 Fig. 1에 나타내었다. 수소 플라즈마만으로 전처리된 사파이어 기판위의 저온 GaN 완충막은 전형적인 3차원적인 성장을 보이며, 회절패턴으로부터 입자들의

결정학적인 방향이 서로 다른 것을 확인하였다. AlN 층이 형성된 기판위의 저온 완충막은 2차원적인 성장이 증진되고, 고온 GaN 박막에서 관찰되는 truncated hexagonal pyramid 형상을 나타내었다. 또한 XRD에서 결정성이 증진되는 것을 확인하였다. 이는 AlN 층에 의한 계면에너지의 감소와 플라즈마 입자들의 충돌에 의한 에너지 전달에 의한 것으로 보인다.

1. S. Nakamura, M. Senoh, S. Nagahama, N. Iwasa, T. Yamada, T. Matsushita, Y. Sugimoto and H. Kiyoku, *Appl. Phys. Lett.* **69**, 4056 (1996).
2. I. Akasaki, H. Amano, Y. Koide, K. Hiramatsu and N. Sawaki, *J. Crystal Growth* **98**, 209 (1989).
3. S. Nakamura, *Jpn. J. Appl. Phys.* **30**, L1705 (1991).
4. S. Keller, B. P. Keller, Y.-F. Wu, B. Heying, D. Kapolnek, J. S. Speck, U. K. Mishra and S. P. DenBaars, *Appl. Phys. Lett.* **68**, 1525 (1996).
5. C.-Y. Hwang, M. J. Schurman, W. E. Mayo, Y. Li, Y. Lu, H. Liu, T. Salagaj and R. A. Stall, *J. Vac. Sci. Technol. A* **13**, 672 (1995).
6. K. Uchida, A. Watanabe, F. Yano, M. Kouguchi, T. Tanaka and S. Minagawa, *J. Appl. Phys.* **79**, 3487 (1996).
7. N. Grandjean, J. Massies and M. Leroux, *Appl. Phys. Lett.* **69**, 2071 (1996).
8. T. D. Moustakas, R. J. Molnar, T. Lei, G. Menon and C. R. Eddy, Jr., *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* **242**, 427 (1992).
9. M. E. Lin, B. N. Sverdlov and H. Morko, *J. Appl. Phys.* **74**, 5038 (1993).

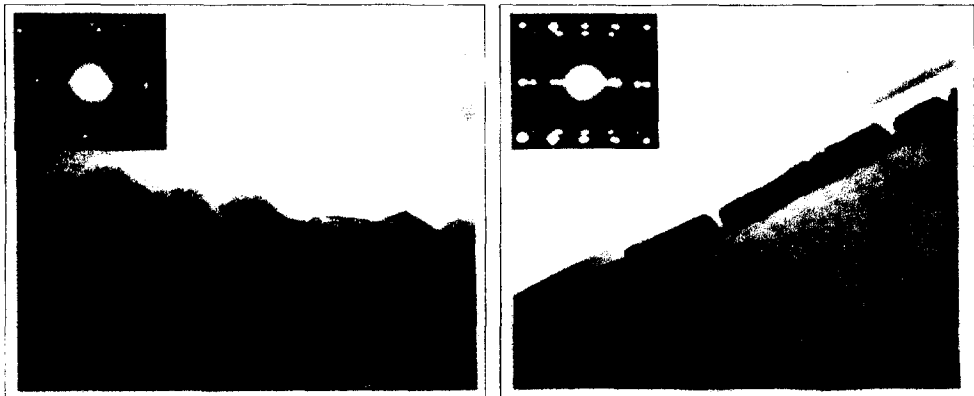


Fig. 1 XTEM micrographs and SADP of low temperature GaN buffer layers. (a) non-nitridated sapphire, and (b) nitridated sapphire by nitrogen plasma at 120 W, 700 °C for an hour.