

HVPE법에 의한 GaN의 성장과 특성

(Growth and Properties of GaN by HVPE Method)

김선태, 문동찬*

대전산업대학교 재료공학과
*광운대학교 전자재료공학과

III-V족 질화물반도체 GaN는 실온에서 직접천이형 에너지갭이 3.4 eV이고, 높은 열전도도와 큰 전자포화속도를 갖고 있다. 따라서, 최근 GaN를 중심으로 하는 $Al_xGa_{1-x}In_yN$ 계 질화물반도체를 이용한 청색과 자외과장 영역에서 동작하는 발광·수광소자의 제작과 고온동작소자 및 고출력 microwave소자 등에 응용되고 있다. HVPE (hydride vapor phase epitaxy)법은 다른 결정성장법에 비하여 빠른 속도로 양질의 박막결정을 비교적 쉽게 성장할 수 있는 방법이다. 이 연구에서는 HVPE법으로 사파이어 기판위에 양질의 GaN 박막을 성장하여 결정성장조건에 따른 결정학적, 광학적 및 전기적 특성을 평가하였다.

HCl을 캐리어가스 N_2 와 함께 금속 Ga 위로 통과시켜 GaCl을 생성하고, C(0001)면의 사파이어 기판이 놓인 결정성장부에서 NH_3 와 함께 반응하여 GaN가 합성되도록 하였다. 금속 Ga을 담은 석영보트부분의 온도를 750 °C로 유지하였고, 사파이어 기판이 놓이는 부분의 온도는 850 ~ 1150 °C를 유지하였다. 성장된 박막의 두께와 표면상태를 금속현미경으로 조사하였으며, 이중결정 X선회절장치를 이용하여 결정의 품질을 평가하였다. 광학적 성질은 10 K의 온도에서 광루미네선스를 측정하여 평가하였으며, 전기적 특성을 평가하기 위하여 Hall효과를 측정하였다.

사파이어 기판과 성장된 GaN 박막 사이의 계면은 매우 급준하였고 표면의 평활도도 매우 우수하였으며, 박막의 성장율은 120 $\mu\text{m/hr}$ 이었다. 최적의 조건에서 성장된 GaN 박막의 (0002)방향에 대하여 측정된 이중결정 X선 회절피크의 반치폭은 576초 이었다. 이와 같은 결과는 Shintani 등이¹⁾ 보고한 720 초에 비하여 작은 것이다. 그러나 ZnO 완충층을 사용하여 성장한 경우의 반치폭 177 초에 비하여 약 3배 이상 큰 값을 보이고 있다.²⁾

10 K의 온도에서 측정된 광루미네선스 스펙트럼은 3.4788 eV의 위치에서 반치폭이 15.6 meV 인 중성도너에 속박된 엑시톤 소멸에 의한 강한 강도의 발광피크 (I_2 line)가 나타났으며, 약 3.28 eV의 위치에서 도너-엑셉터 쌍 재결합에 의한 약한 강도의 피크가 나타났다. 그러나 MBE법 또는 MOVPE법으로 성장된 GaN에서 관찰되는 550 nm 부근의 깊은준위에 의한 발광은 검출되지 않았다.

한편, 최적의 조건에서 성장한 GaN 박막의 전기전도형은 n형이었고, 실온에서의 전자이동도는 72 $\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$, 전자농도는 약 $6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 이었다. 이와 같은 결과는 Gillissen 등이³⁾ HVPE 법으로 성장한 GaN에 대하여 얻은 전자농도 ($10^{19} \sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$)에 비하여 다소 작은 값이며, 이동도는 2~3배정도 큰 값이다. 그러나 ZnO 완충층을 이용하여 성장한 GaN에 비하여 전자이동도와 전자농도는 매우 커다란 차이를 보이고 있다.²⁾ 이와 같은 사실로부터, HVPE법에 의한 GaN의 결정성장에 있어 사파이어 기판과 GaN 사이의 커다란 격자부정합 열팽창계수의 차를 이완시키기 위한 완충층의 역할이 매우 중요함을 알 수 있었다.

1. A. Shintani, Y. Tanaka, S. Minagawa, & M. Maki, J. Electrochem. Soc, 125, 2076 (1978)
2. T. Detchprohm, K. Hiramatsu, H. Amano, & I. Akasaki, Appl. Phys. Lett, 61, 2688 (1992)
3. K. Gillissen, K. H. Schuller, & B. Struck, Mat. Res. Bull, 12, 955 (1977)