

Ga 과 NH₃ 의 직접반응에 의한 GaN 의 성장

Growth of GaN by Reaction of Ga and NH₃

이영주* 김진용 권영란 김선태

대전산업대학교 재료공학과

Y. J. Lee, J. Y. Kim, Y. R. Kwon and S. T. Kim

Dept. of Material Eng., Taejon National University of Technology

Abstract

GaN crystals were deposited by the direct reaction between ammonia and gallium at 1050 °C, 1070 °C and 1100 °C on (0001) plane sapphire substrate. The size of GaN crystals were increased with reaction temperature, but its were decreased with increasing the flow rates of NH₃. The size of GaN of 46 μm were deposited on sapphire substrate at the reaction temperature of 1070 °C for growth time of 60 min.

1. 서 론

III 족 질화물반도체 GaN, AlN, 그리고 InN 는 안정한 상태에서의 결정구조가 Wurtzite 형으로서, InN 는 1.9 eV, GaN 는 3.4 eV, AlN 는 6.2 eV 의 직접 천이형 밴드갭을 갖는다. 1) 특히 GaN 는 에너지 갭이 크고 높은 열전도도와 큰 전자포화속도를 갖고 있어 청색과 자외파장영역에서 동작하는 발광·수광소자의 제작과 고온동작소자 및 고출력 microwave 소자 등에의 응용이 검토되고 있다. 2) 일반적으로 GaN 의 결정성장방법에는 MOCVD (Metalorganic Chemical Vapor Deposition)법, 플라즈마 CVD (Plasma Chemical Vapor Deposition)법, MBE (Molecular Beam Epitaxy)법, HVPE (Hydride Vapor Phase Epitaxy)법등의 성장방법을 이용한 연구가 진행되고 있다. 그러나 기존의 GaN 결정성장방법으로는 GaN 와 사파이어의 큰 열팽창계수, 격자 상수차이 때문에 성장된 GaN 박막내에 많은 결함

이 발생된다. 3) 따라서 이 연구에서는 고온에서 NH₃ 와 Ga 의 직접 반응시켜 응력이 없는 침상 GaN 단결정의 성장과정을 규명하고자 하였다. 이와같은 연구의 초기 실험으로서 우선 C 면의 사파이어 기판위에 성장온도, NH₃ 유량, 성장시간등을 변화시켜 GaN 를 성장시킨 후 결정학적특성과 광학적특성을 평가하여 최적성장조건을 도출하는 것을 목적으로 하였다. 이와같이 응력이 없는 GaN 단결정은 아직까지 잘 알려지고 있지 않는 GaN 의 물리상수를 측정, 평가하는데 매우 유용한 것이라 여겨진다.

2. 실험 방법

이 실험에 사용된 실험장치의 개략도를 그림 1 에 나타내었다.

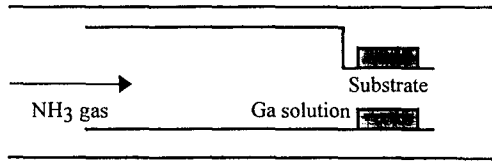


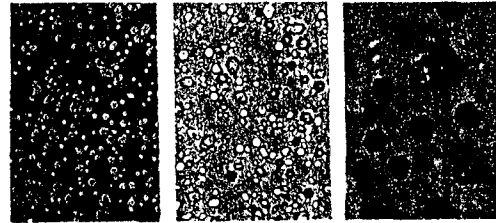
그림 1. 실험장치 개략도

C 면 (0001)의 사파이어기판을 T.C.E, 아세톤, 메탄올의 순으로 각각 5분씩 초음파 세척한 후 기판 holder 위에 얻어 반응관에 설치하였다. 반응관의 내경은 12 mm 이었고, Ga 과 기판사이의 거리는 5~6 mm 를 유지하였다. Solution 상태의 Ga 위로 NH₃ 를 통과시켜 고온에서 승화하는 Ga 과 직접반응하여 사파이어 기판위에 GaN 가 deposition 되도록 하였다. 반응관내부를 진공배기한 후 520 °C 에서 20 분간 유지 하였으며, 이후 NH₃ 를 주입하면서 성장 온도까지 온도를 상승시켰다. 성장온도는 1050, 1070, 1100 °C 로 변화시켰고, NH₃ 유량은 12, 18, 24 ml/min.으로, 성장시간은 30 분, 1 시간, 4 시간까지 변화시켰다. 성장된 GaN 의 표면상태 및 결정의 성장상태를 금속현미경과 SEM 으로 관찰하였으며, X 선 회절법으로 결정구조를 파악하였다. 또한 실온과 저온 (10K)에서의 광루미네선스를 측정하여 광학적성질을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2 와 그림 4 는 성장온도와 NH₃ 유량에 따른 표면사진으로써 직접반응법으로 성장시킨 GaN 는 성장온도가 증가하거나 NH₃ 유량을 감소함에 따라성장되는 GaN 결정의 크기가 증가하였다. 즉, 1050 °C 에서 사파이어 기판위에 성장된 GaN 결정의 직경은 5.7 μm 이었으나, 1100 °C 에서는 23 μm 이었고, NH₃ 유량이 12 ml/min.에서는 46 μm 이었고, 24 ml/min.에서는 23 μm 이었다. 이와 같은 관계를 그림 3 와 5 에 나타내었다.

50 μm



(a) 1050 °C (b) 1070 °C (c) 1100 °C

그림 2. 각 성장온도에 따른 GaN 표면 (NH₃ 유량: 24 ml/min., 성장시간: 60 min.)

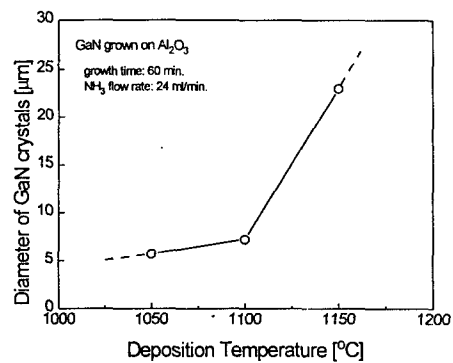
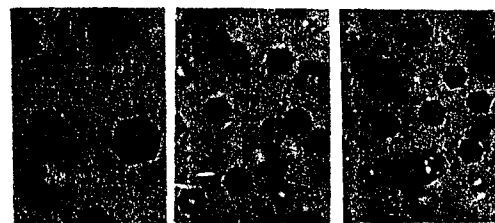


그림 3. 성장온도에 따른 결정의 직경

50 μm



(a) 12 ml/min. (b) 18 ml/min. (c) 24 ml/min.

그림 4. NH₃ 유량에 따른 GaN 표면 (성장시간: 60 min., 성장온도: 1100 °C)

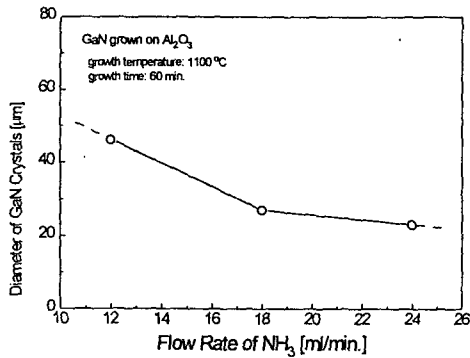
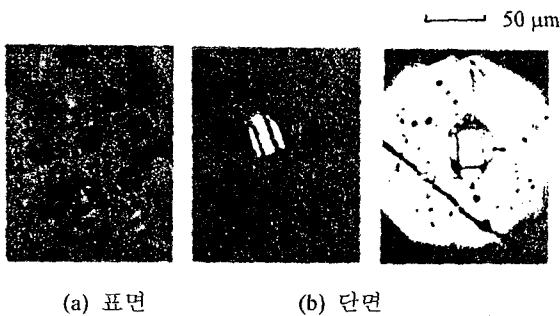


그림 5. NH₃ 유량에 따른 결정의 크기

그림 6은 1100 °C에서 NH₃ 유량을 24 ml/min.로 유지하여, 60분 동안 성장시킨 GaN의 표면사진과 그 단결정의 단면사진이다.



(a) 표면 (b) 단면

그림 6. GaN의 표면과 단면.

(성장온도: 1100 °C, NH₃ 유량: 24 ml/min.)

그림 6에서 알 수 있듯이 사파이어 기판위에 성장된 GaN은 2차원적인 평면성장보다는 3차원적인 수직성장이 빠르게 일어났다.

1100 °C에서 NH₃를 24 ml/min.으로 유지하여 60분 동안 성장시켰을 때 GaN 결정의 직경은 23 μm 이었고, 높이는 40~60 μm 인 침상형 결정이 얻

어졌다. 지금까지의 결과로 Ga과 NH₃를 직접반응시켜 사파이어 기판위에 성장시킨 GaN은 사파이어 기판의 표면에 대하여 수평방향으로의 2차원성장보다는 수직방향으로의 3차원적 성장이 지배적으로 일어나고 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 결정의 광학적성질은 현재 평가 중에 있으며, 수평방향으로의 성장률을 증가시키기 위한 연구가 진행 중에 있다.

4. 결 론

Ga과 NH₃를 직접반응 시키어 (0001)면의 사파이어 기판위에 GaN를 성장하였다.

본 실험에서는 46 μm/hr의 속도로 침상형 GaN 단결정을 사파이어 기판위에 성장할 수 있었으며, 이와 같은 기초연구를 토대로 보다 거대화 된 GaN 결정을 성장시키고자 하는 연구를 수행중에 있다.

참 고 문 헌

1. W. Riger, T. Metzger, H. Angerer, R. Dimitrov, O. Ambacher, and M. Stutzman. Appl. Phys. Lett., 68(7), 12, 1996.
2. H. Morkoc, S. Strite, G. B. Gao, M.E.Lin, B. Sverdlov, and M. Burna. J. Appl. Phys., 76, 1363, 1994.
3. K. Hiramatsu, M. Detchprohm, and I. Akasaki. Jpn. J. Appl. Phys., 32, 1528, 1993.