

직접반응법에 의한 GaN의 합성과 기상에피택시

Synthesis of GaN by Direct Reaction Method and Vapor Phase Epitaxy

김 선 태*, 문 동 찬

*대전산업대학교 재료공학과
광운대학교 전자재료공학과

S. T. Kim* and D. C. Moon

*Department of Materials Engineering, Taejon National University of Technology
Department of Electronic Materials Engineering, Kwangwoon University

Abstract

In this work, we synthesized GaN powders by the direct reactions of Ga with NH_3 at the temperature range of 950~1150 °C and we growth the GaN thin films on Si and sapphire substrates using the synthesized GaN powders by the vapor phase epitaxy method.

The synthesized powder had hexagonal crystal structures with lattice constants of $a_0=3.1895 \text{ \AA}$, $c_0=5.18394 \text{ \AA}$. The reaction rates of GaN were increased with both reaction time and temperature, however it did not depends on the flow rates of NH_3 .

The island type GaN crystals were grown on (0001) sapphire substrates and fast lateral growth of GaN on (111) Si substrate than sapphire was observed in our experiments.

1. 서 론

III족 질화물반도체 GaN는 결정구조가 wurtzite형일 때 실온에서의 직접천이형 에너지 갭이 3.4eV이고, 전기장의 세기 50 kV/cm에서 $1.5 \times 10^7 \text{ cm/sec}$ 의 높은 전자포화속도를 갖으므로 청색과 자외영역에서 동작하는 발광소자와

수광소자 등의 광전소자 및 고출력 microwave 소자, 고온에서 동작하는 전자소자를 제작하는데 매우 적합한 소재이다.[1]

그러나 GaN는 용점이 2400 °C보다 높고, 1200°C의 온도에서 질소의 해리압이 1000기압 정도로써 통상적인 방법으로는 벌크 단결정을 성장하는 것이 불가능하며, 이로 인하여 GaN의 에피택시 성장에 있어 격자정합을 이루는 기판이 존재하지 않고 있다. 따라서 GaN는 주로 HVPE법, MOVPE법 및 MBE법 등으로 사파이어를 기판으로 사용하여 성장하고 있으나 기판과의 커다란 격자부정합 (약 16%)과 열팽창계수차 (약 25%)에 의하여 결정의 품질을 향상시키는데는 많은 어려움이 있다.[1]

이 연구에서는 금속 Ga과 NH_3 를 직접반응시켜 GaN 분말을 합성하고, 합성조건에 따른 GaN의 생성량과 분말의 특성을 조사하였으며, 합성된 분말을 소제로 하여 (111) Si과 (0001) 사파이어 기판위에 박막을 성장시켜 성장된 박막의 특성을 조사하였다.

2. 실험방법

직접반응법으로 GaN분말을 합성하기 위하여 석영보트에 2 gr의 Ga를 담아 수평 1단 전기로의 온도가 일정한 부분에 위치시킨 후, 0.5~5 liter/min의 속도로 NH₃를 주입하면서 950~1150 °C의 온도범위에서 0.5~9 시간동안 반응시켰다. 그림 1은 직접반응법으로 GaN 분말을 합성하기 위한 장치의 개략도를 나타낸 것이다. 합성이 종료된 후 질산용액으로 미처 반응하지 않은 Ga를 제거하였고, 탈이온수로 수세한 후 건조시켜 합성된 GaN의 무게를 측정하였다.

직접반응법으로 합성된 GaN분말을 소재로 하여 등온상태에서 (111) Si기판과 (0001) 사파이어기판위에 GaN 박막을 기상성장시켰다. 5 gr의 GaN 분말을 석영관 cell에 담고 그위에 기판을 설치한 후 전기로의 석영반응관에 장착하였으며, cell에 0.1~0.5 liter/min의 속도로 NH₃를 주입하면서 1000~1150 °C의 온도에서 1~5 시간동안 반응시켰다.

3. 결과 및 고찰

직접반응법으로 석영관 속에서 합성된 GaN의 단면상태를 그림 2에 나타내었다. 합성된 GaN는 전체적으로 연한 회색의 미세한 분말들이 sponge형태로 응집되어 육각형기둥형태를 띄고 있었으며, 이들은 쉽게 미세한 분말들로 분해되었다.

합성된 GaN 분말에 대한 X-선회절도를 그림 3에 나타내었으며, 그림의 각 피크에 대하여 Cohen법으로 구한 격자상수는 $a_0=3.1895 \text{ \AA}$, $c_0=5.18394 \text{ \AA}$ 로서 문헌의 값과[2] 잘 일치하였으며, 결정구조는 육방정임을 확인하였다.

그림 4는 합성온도에 따른 GaN의 무게변화를 나타낸 것으로서 반응시간이 30분의 경우 반응온도가 증가함에 따라 GaN의 생성율은 증가하였지만, 1100 °C와 1150 °C의 온도에서는 반응시간이 4 시간인 경우 생성율이 감소하였다. 이는 위의 실험조건에서 Ga과 NH₃의 반응에 의하여 GaN가 생성되는 속도보다 GaN가 Ga과 N₂로 분해되는 속도가 더 빠르기 때문이라 사료된다.

그림 5는 1150 °C의 온도에서 5 시간동안 (0001) 사파이어 기판위에 성장된 GaN의 표면상태를 나타낸 것으로서 GaN는 섬 (island)형태

로 성장되었다.[3] (111) Si 기판위에 성장된 GaN는 사파이어 기판위에 성장된 것보다 빠른 속도로 측면성장이 이루어지는 것으로 관찰되었으나, 이의 원인을 규명하기 위해서는 보다 상세한 실험이 보완되어야 할 것으로 여겨진다.

4. 결론

이 연구에서는 Ga과 NH₃의 직접반응에 의한 GaN분말의 합성과, GaN분말을 소재로한 GaN의 기상성장에 관한 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 직접반응법으로 합성된 GaN분말은 육방정구조로서 격자상수가 $a_0=3.1895 \text{ \AA}$, $c_0=5.18394 \text{ \AA}$ 이었다.

2) GaN의 생성율은 반응시간과 반응온도에 대하여 증가하였으나, 1100 °C이상의 반응온도에서 반응시간이 길어짐에 따라 GaN의 분해에 의하여 GaN의 생성율이 감소하였으며, NH₃의 유량에는 크게 의존하지 않았다.

3) GaN 분말을 소재로한 GaN의 기상성장에 있어 사파이어 기판위에서는 섬형태로 성장이 이루어졌으며, GaN의 측면성장은 사파이어기판보다 Si 기판위에서 더 빠른 속도로 진행되는 것으로 관찰되었다.

* 이 연구는 대전산업대학교 기성회 학술연구조성비에 의하여 이루어짐.

참고문헌

1. S. Strite and H. Morkoc, J. Vac. Sci and Technol. B, 10(4), 1237 (1992).
2. JCPDS card # 2-1078 Gallium Nitride.
3. K. Hiramatsu, S. Itoh, H. Amano and I. Akasaki, J. Crystal Growth, 115, 628 (1991)



Fig. 1. Schematic diagram of GaN-powder synthesis system.

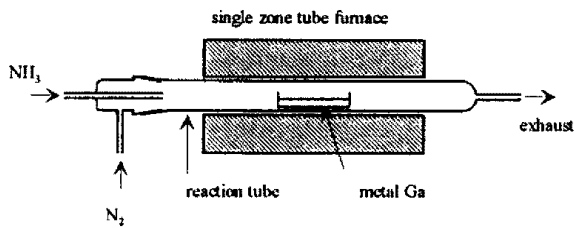


Fig. 2. Cross-sectional view of synthesized GaN powders in the boat.

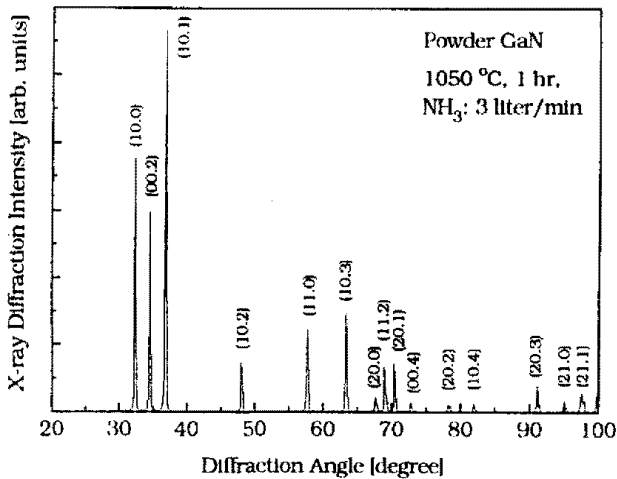


Fig. 3. X-ray diffraction pattern of GaN powder.

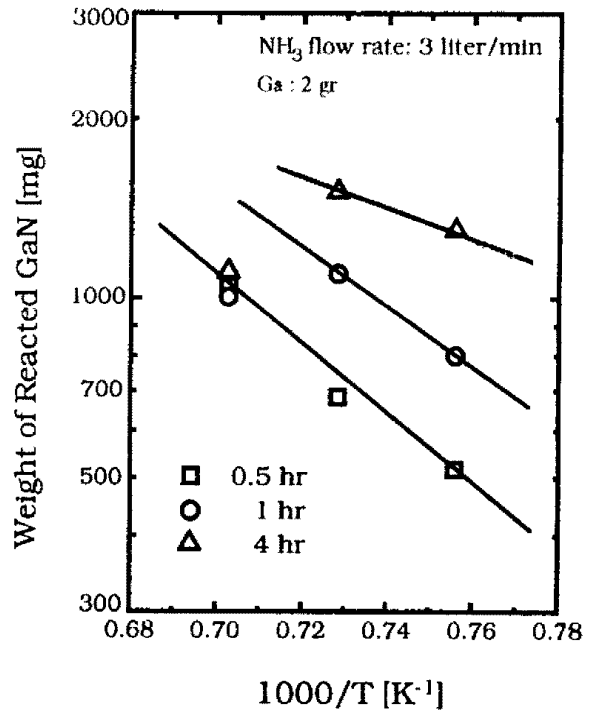


Fig. 4. Arrhenius plot of weight of synthesized GaN with reaction temperature for the different times.

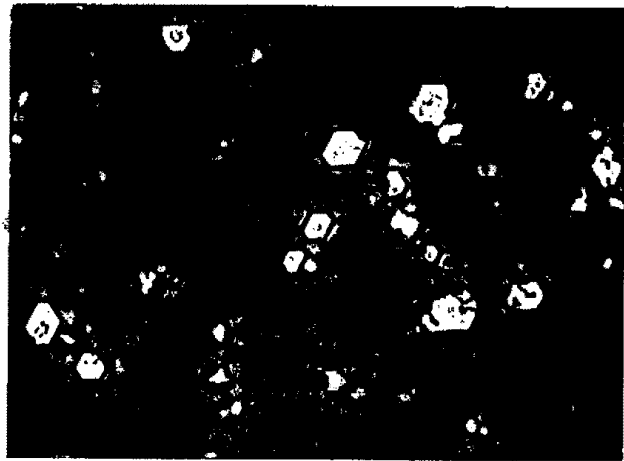


Fig. 5. Surface of epitaxially grown GaN on (0001) sapphire substrate.