

## 열화학기상증착법을 이용한 GaN nanowire 합성

### Synthesis of GaN nanowires using thermal chemical vapor deposition

류승철, 이태재, 이철진  
(Seung Chul Lyu, Tae Jae Lee, Cheol Jin Lee)

#### Abstract

GaN nanowires has much interest as one-dimensional materials for blue light LED. GaN-based materials have been the subject of intensive research for blue light emission and high temperature/high power electronic devices. In this letter, the synthesis of GaN nanowires by the reaction of mixture of Ga metal and GaN powder with  $\text{NH}_3$  using thermal chemical vapor deposition is reported. X-ray diffraction, energy dispersive x-ray spectrometer, scanning electron microscopy, and transmission electron microscopy indicate that those GaN nanowires with hexagonal wurtzite structure were about 60nm in diameter and up to several hundreds of micrometers in length.

**Key Words** : GaN, Nanowire, Catalytic reaction, Blue light emission, One-dimensional materials

#### 1. 서론

근래에 탄소나노튜브[1] 또는 반도체 나노와이어 [2]와 같은 저차원 나노크기의 물질들은 다양한 물성과 응용가능성으로 인하여 많은 관심을 끌고 있다. 한편 Wide band gap을 갖는 GaN는 청색발광소자 [3] 및 레이저소자, detector, 고속 FET, 고온용 소자 [4] 응용분야에서 활발하게 연구가 진행되어 왔는데, 최근에는 이러한 다양한 물성을 지닌 GaN을 nanowire로 합성하여 저차원에서의 물성을 평가하기 위한 연구가 시도되고 있다. 앞으로 전개될 나노기술분야에서 여러가지 반도체 및 금속 nanowire는 탄소나노튜브와 함께 향후 나노기술의 핵심 재료 및

부품으로 응용될 가능성이 매우 크기 때문에 이것에 대한 합성과 기초물성에 대한 연구가 점점 부각되고 있다. GaN nanowire를 합성하기 위한 방법으로 Duan과 Lieber그룹은 레이저[5]를 이용하여 GaN nanowire단결정을 합성하였고, Han 그룹은 전기방전법[6]을 사용하여 GaN nanowire를 합성하였으며, Li 그룹은 열화학기상증착법[7]으로 GaN nanowire를 합성하였다. 이와 같이 아직은 국제적으로 나노구조 합성에 앞서있는 소수 그룹에서만 GaN nanowire 합성에 대한 연구를 진행하고 있지만 이 분야에 대한 연구는 그 중요성으로 인하여 크게 가속화될 것으로 예상된다. 본 연구에서는 앞서 언급한 연구그룹들과는 다른 아주 간단한 방법으로 열화학기상증착법에 의해 알루미늄 기판위에서 GaN nanowire를 합성하는 방법에 대하여 보고하고자 한다. 즉 Ga 금속과 GaN powder를 혼합시켜 석영반응로에 넣은 후,  $\text{NH}_3$  가스를 석영반응로에 공급한

\* 군산대학교 전자정보공학부  
(전북 군산시 미룡동 군산대학교,  
Fax: 063-469-4744  
E-mail : nanotubes@hanmail.net )

후, 반응로의 온도를 상승시켜 900 - 1050 °C 범위로 촉매금속이 증착된 알루미늄 기판위에 결정성이 우수한 단결정 GaN nanowire를 대량으로 합성시켰다. 본 논문에서는 GaN nanowire의 구조 및 물성제어를 위한 기초연구단계로서 열화학기상증착법을 Ni 촉매 덩어리 위에 성장시킨 GaN nanowire의 성장특성과 구조를 평가하였다.

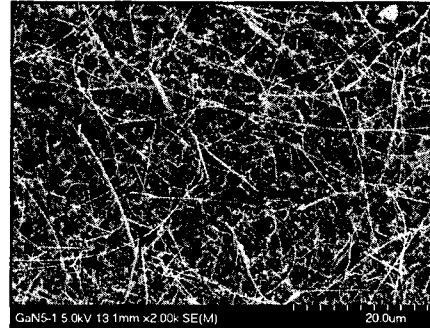
## 2. 실험

알루미늄 기판을 적당한 비율로 혼합한 Ni nitrate 용액에 담그어 알루미늄 기판위에 Ni 촉매를 코팅을 시킨다. Ni 촉매를 코팅시킨 알루미늄 기판을 석영 보트에 장착하여 열화학기상증착 장치의 반응로 내부에 집어 넣는다. 반응에 적합한 온도에 도달할 때까지 산화반응을 방지하기 위하여 반응로 내부에 아르곤 가스를 500 sccm 정도로 흘려준다. 반응로 내부가 반응에 필요한 설정온도에 도달하면, 아르곤 가스의 흐름을 중지시키고 NH<sub>3</sub> 가스를 300 - 1000 sccm 정도로 60분간 흘려주어 촉매금속 파티클위에 GaN nanowire를 성장시킨다. GaN nanowire의 성장이 완료된 후 아르곤 가스 분위기에서 반응로의 내부온도가 상온까지 떨어지면 반응로에서 기판을 꺼낸다. GaN nanowire의 길이, 직경, 밀도를 평가하기 위하여 SEM 분석을 실시하였고, GaN nanowire의 구조와 형태를 관찰하기 위하여 TEM 분석을 실시하였다. 또한 GaN nanowire의 정량과 조성을 분석하기 위하여 EDX 및 XRD를 분석을 실시하였다.

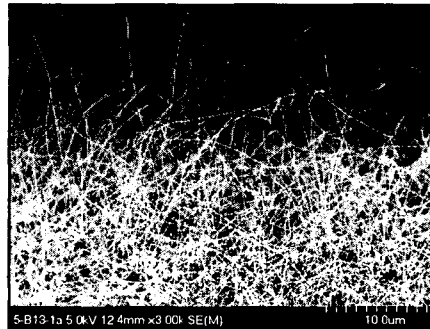
## 3. 결과 및 고찰

그림 1(a)는 950 °C에서 Ni 촉매금속 위에 성장시킨 GaN nanowire의 SEM 사진이다. 알루미늄 기판위에 GaN nanowire가 성장된 것을 보여준다. GaN nanowire의 성장길이는 약 100 μm 정도이며, 직경은 100 - 150 nm 정도의 범위에서 균일하게 성장된 것을 관찰할 수 있었다. 또한 약간의 파티클이 존재하는 것을 볼 수 있다. 그림 1(b)는 1000 °C에서 Ni 촉매금속 위에 성장시킨 GaN nanowire의 SEM 사진이다. 950 °C와 마찬가지로 알루미늄 기판위에 고밀도, 고순도의 GaN nanowire가 균일하게 성장된 것을 보여준다. 그러나 950 °C에서 보이던 약간의 파티클은 관찰이 되지 않았다. 성장된 GaN nanowire의 길이는 약 500 μm 정도이며, 직경은 약 60 nm 정도로 균일함을 보였다. 950 °C에서 성장한 GaN nanowire의 길이보다 길어졌고, 직경도 약 60 nm 정도로 감소함을 보였다. 그러나 밀도는 더욱

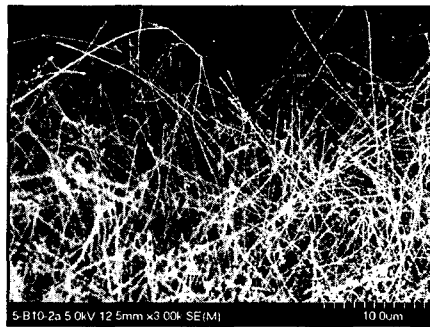
증가하여 고밀도의 GaN nanowire가 성장된 것을 확인할 수 있었다.



(a)



(b)



(c)

FIG. 1. SEM images of GaN nanowires using thermal chemical vapor deposition. NH<sub>3</sub> gas at various temperature. (a) 950 °C (b) 1000 °C (c) 1050 °C

그림 1(c)는 1050 °C에서 Ni 촉매금속 위에 성장시킨 GaN nanowire의 SEM 사진이다. 1000 °C와 마찬가지로 고밀도, 고순도의 GaN nanowire가 알루미늄 기판위에 균일하게 성장된 것을 보여준다. GaN nanowire의 성장길이는 약 1000 μm 정도이며, 직경은 약 60 nm 정도로 균일하게 성장이 되었다. 역시 어떠한 파티클도 관찰이 되지 않았으며, 밀도도 다

소 증가하여 고밀도의 GaN nanowire가 성장된 것을 확인할 수 있었다.

GaN nanowire의 구조적 특성을 알아보기 위하여 TEM 분석을 실시하였다. 그림 2는 950 °C에서 Ni 촉매금속 위에 성장시킨 GaN nanowire의 TEM 사진이다. 성장된 GaN nanowire의 성장면방은 (0001) 이고 hcp structure를 갖는다. 또한 결정성이 우수한 단결정 GaN nanowire가 성장이 되었다.

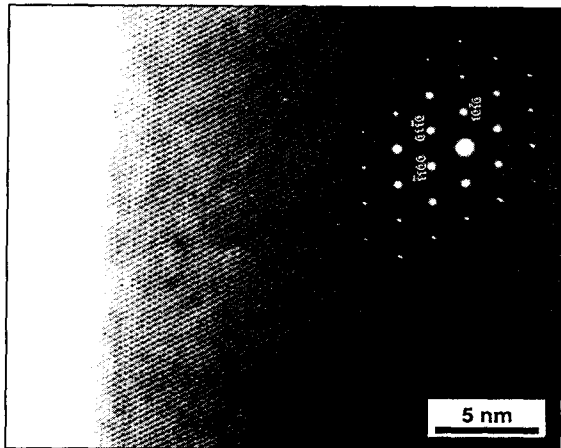


FIG. 2. HRTEM image of GaN nanowire using thermal chemical vapor deposition.

성장된 GaN nanowire의 정량과 조성을 분석하기 위하여 EDX와 XRD 분석을 실시하였다.

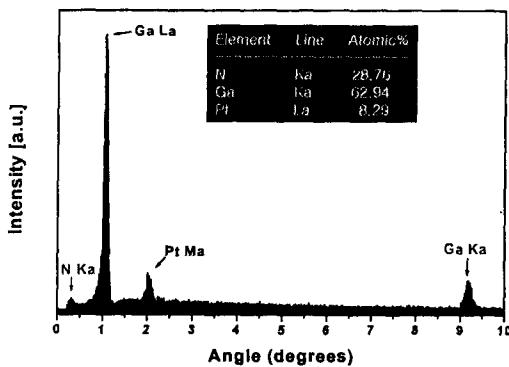


FIG. 3. Energy dispersive x-ray spectrum of GaN nanowire.

그림 3은 성장된 GaN nanowire를 EDX 분석을 실시한 결과이다. Ga 성분이 62.94 atomic%, N 성분이 28.76 atomic%가 검출이 되었다.

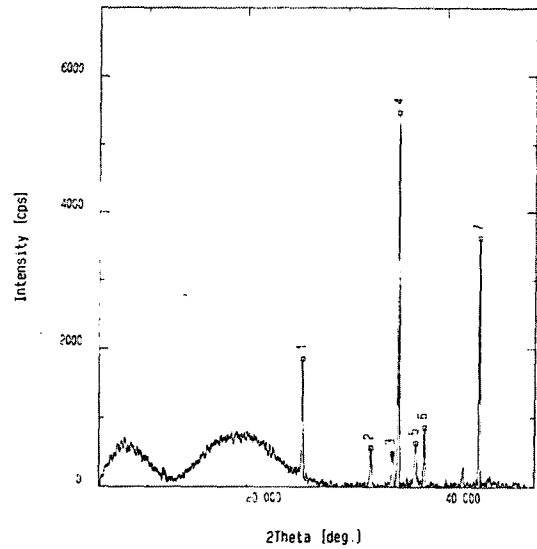


FIG. 4. X-ray diffraction spectrum of GaN nanowires.

그림 4는 성장된 GaN nanowire를 XRD 분석을 실시한 결과이다. X-선회절상이 각 결정물질에 따라 특유하게 나타나기 때문에 본 연구실에서 성장한 GaN nanowire와 표준시료의 회절무늬가 동일한 것으로 보아, 화학적으로 동일한 물질임을 알 수 있었다. 2θ 피크는 각각 32.37, 34.52, 36.86 로서 hexagonal wurtzite structure를 갖는 GaN bulk와 잘 일치하는 것을보여준다.

#### 4. 결론

열화학기상증착법으로 아주 간단하게 알루미늄 기판위에 Ni, 촉매금속을 사용하여 950 - 1050 °C의 온도범위에서 GaN nanowire를 성장하였다. 성장온도가 증가함에 따라 GaN nanowire의 성장길이와 밀도는 증가를 하였으나 직경은 감소하는 특성을 나타내었다. 또한 성장된 GaN nanowire의 성장면방은 (0001)로 나타났으며, 이때 성장된 GaN nanowire는 모두 hcp structure를 갖는 우수한 단결정임을 확인하였다.

### 참고 문헌

- [1] S. Iijima, *Nature (London)* 354, 56 (1991)
- [2] A. M. Morales and C. M. Lieber, *Science* 279, 208 (1998)
- [3] F. A. Ponce and D. P. Bour, *Nature (London)* 386, 351 (1997)
- [4] Q. Chen, M. A. Khan, J. W. Wang, C. J. Sun, M. S. Shur, and H. Park, *Appl. Phys. Lett.* 69, 794 (1996)
- [5] X. F. Duan and C. M. Lieber, *J. Am. Chem. Soc.* 122, 188 (2000)
- [6] W. Han, P. Redlich, F. Ernst, and M. Ruhle, *Appl. Phys. Lett.* 76, 652 (2000)
- [7] J. Y. Li, X. L. Chen, Z. Y. Qiao,, Y. G. Cao, and Y. C. Lan, *J. Cryst. Growth* 213, 408 (2000)