

PLD-Furnace로 증착시킨 금촉매를 이용한 ZnO 나노와이어 합성

손효정, 전경아, 이상열*
연세대학교

ZnO Nanowires Fabricated by Pulsed Laser Deposition using Gold Catalyst

Hyo Jeong Son, Kyung Ah Jeon and Sang Yeol Lee*
Yonsei University

Abstract : ZnO nanowires (NWs) were fabricated using Au as catalyst for a method combining laser ablation cluster formation and vapor-liquid-solid (VLS) growth. The target used in synthesis was pure ZnO ceramics. Two different substrates were used; (0001)-oriented sapphires and Au-coated sapphires. The Au thin film was deposited by thermal evaporation and the thickness was about 50 Å. ZnO NWs were only formed in case of that used catalyst metal. Field effect scanning electron microscopic (FESEM) investigation showed that the average diameter of ZnO NWs was about 70 nm and the typical lengths varied from 3~4 μm.

Key Words : ZnO nanowires, pulsed laser deposition, Au catalyst, vapor-liquid-solid

1. 서론

기존의 벌크 재료에 비해 나노크기를 가지는 물질들의 물리, 화학적 우수성이 증명되고 구현되어 왔다. 최근, 탄소나노튜브 또는 반도체 나노와이어와 같은 1차원 나노크기의 반도체 물질들은 다양한 물성과 응용을 특징으로 하며, 광전자 소자로의 활용의 가능성을 가지고 있다[1].

ZnO는 3.37 eV의 넓은 밴드갭과 다른 재료에 비해 큰 exciton binding energy (60 meV)를 가지며 이는 exciton process에 기반을 둔 레이저소자 제작을 가능하게 한다. ZnO는 열처리 조건이나 촉매 물질에 따른 특성기질에 따라서 수직방향의 나노와이어로 자라는 특성이 있어서 많은 관심을 끌고 있다[2]. 본 연구에서는 PLD-Furnace로 성장시킨 ZnO에서 기판 타겟간의 거리와 촉매금속의 영향을 살펴본다.

2. 실험

본 연구에서 사용한 실험장비는 PLD (Pulsed Laser Deposition)-Furnace이고 이것의 개략적인 그림은 그림 1과 같다. 이것은 quartz tube furnace 내부에 위치한 타겟에 펄스레이저가 조사되었을 때 형성된 플룸으로 ZnO 나노와이어를 생성하는 것이다. 355 nm 파장의 Nd:YAG 펄스레이저를 사용하였고 파워는 0.7 W, 반복율은 10 Hz이었다. 터보 펌프를 이용하여 퍼니스 내부를 1×10^{-5} torr까지 초기 진공을 형성하고 운반가스인 Ar을 50 sccm의 유량으로 주입하여 증착되는 동안 압력을 1 torr로 일정하게 유지하였다. 타겟으로는 순수한 ZnO 세라믹을 사용하였으며 레이

저가 타겟의 한부분에만 조사되어 표면에 콘이 형성되는 것을 막기 위해 타겟 홀더는 분당 4회전으로 조절하였다. 기판은 evaporator를 이용하여 Al₂O₃ (0001) 웨이퍼에 50 Å의 Au를 증착시킨 것과 그렇지 않은 것으로 구별하여, Au 유무에 따른 나노와이어의 생성 차이를 FESEM으로 관찰하였다.

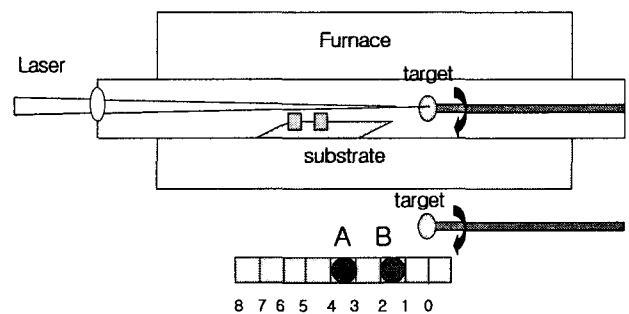
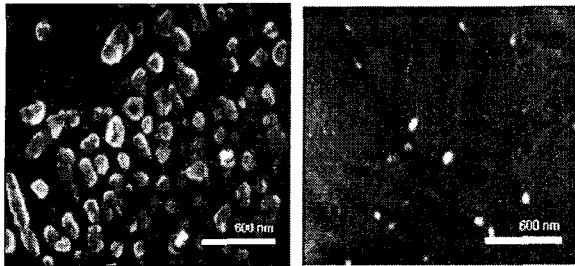


그림 1. PLD-Furnace의 내부모식도

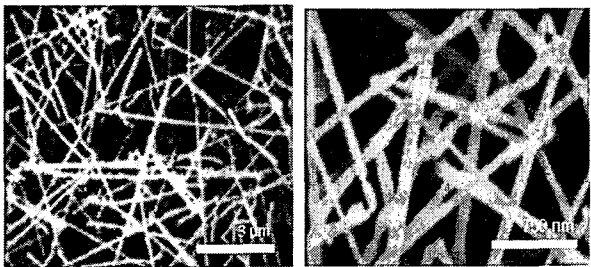
3. 결과 및 고찰

그림 2는 Au가 증착되지 않은 사파이어 기판의 공정 온도는 1000°C에서 형성된 나노와이어의 SEM 사진이다. 각각의 기판은 ZnO 타겟과의 거리를 A는 1~2 cm, B는 3~4 cm로 다르게 하여 타겟과 거리에 따른 FESEM 이미지 사진을 통하여 나노와이어의 성장을 관찰하였다. SEM 사진에서 나노와이어가 전혀 관찰되지 않았고, 둥근 모양의 입자가 석출되어 결정체 모습만을 관찰할 수 있었다.

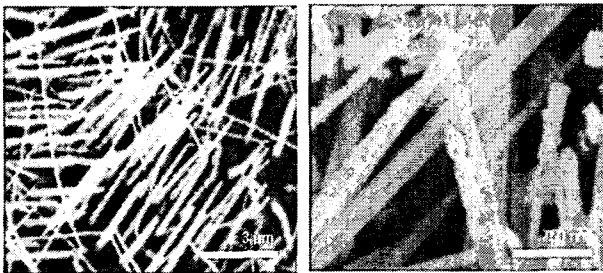


(a) (b)

그림 2. Au가 없을 때, 샘플 위치에 따른 ZnO 나노와이어 FESEM 이미지 a) 기판위치 A, b) 기판위치 B



(a) (b)



(c) (d)

그림 3. Au가 촉매로 쓰인 ZnO 나노와이어 FESEM 이미지. a) 기판 위치 A, b) 기판 위치 A로 a)를 확대한 이미지, c) 기판 위치 B, d) 기판 위치 B로 c)를 확대한 이미지.

성장된 나노와이어는 전체적으로 불규칙한 형상을 나타내었으며 나노와이어 하나의 직경은 약 35 nm ~ 100 nm, 길이는 수 μm 이었다. 그림 3은 Al_2O_3 기판에 Au를 50 Å 올렸을 때 ZnO 나노와이어의 SEM사진이다. 규칙적인 방향성을 가지며 한 방향으로 성장한 모습은 아니지만 그림 3(b)를 관찰해보면 나노와이어가 밀집되어 있었고, 직경도 수십 nm로 얇은 나노와이어가 성장되었음을 알 수 있었다. 타겟과의 거리가 가까워짐에 따라서 나노와이어의 직경은 200~300 nm로 커졌고, 길이도 수 μm 정도 길어짐

을 관찰할 수 있었다. 또한, 나노와이어의 성장밀도가 상대적으로 커짐을 알 수 있었다. 그림3(d)는 나노와이어의 끝단을 확대한 사진이며 끝단이 트위스트모양으로 둥근 나노 파티클을 구성하고 있음을 알 수 있다. 이것은 나노와이어 형성 메커니즘인 VLS (vapor-liquid-solid) 과정에서 ZnO 플룸이 과포화되면서 나노와이어의 형태로 석출이 되고 촉매로 쓰인 Au는 나노와이어의 끝단에 위치하는 것으로 해석된다[3]. catalyst인 Au가 나노와이어 성장을 촉진하고 그 성장에 결정적 역할을 하는 사실을 확인할 수 있었고 이는 P. Yang의 그룹에서 연구한 결과와 부합되었다 [4].

4. 결 론

본 연구에서는 PLD-Furnace system을 구축하여 나노와이어를 성장시키고, substrate 위에 촉매로 사용되는 Au를 증착시킴에 따라 나노와이어 성장 과정에 어떤 영향을 주는 지에 대해 살펴보았다. Au를 사용하지 않은 샘플에서는 나노와이어가 성장되지 않았고, ZnO 결정이 석출되었다. Al_2O_3 기판에 50 Å의 Au를 올린 시편에서는 직경 약 35 nm~200 nm, 길이는 수 μm 인 나노와이어가 관찰되어 catalyst metal인 Au가 나노와이어 성장을 촉진하고 그 성장에 결정적 역할을 하는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 나노 메디컬 국가핵심연구센터의 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] E. M. Wong and P. C. Scarsen, "ZnO quantum particle thin films fabricated by electrophoretic deposition", Appl. Phys. Lett. 74, 2939 (1999).
- [2] W. C. Shih and M. S. Wu, J. Cryst. Growth 137 (1994), pp. 319-325.
- [3] X. Duan, C. M. Lieber, "General Synthesis of Compound Semiconductor Nanowires", Advanced Materials 12, 4 (2000) 298
- [4] M. H. Huang, Y. Wu, H. Feick, N. Tran, E. Weber, and P. Yang, "Catalytic Growth of Zinc Oxide Nanowires by Vapor Transport", Adv. Mater. (Weinheim, Ger.) 13, 113 (2001)