

발광소자를 위한 실리콘 나노 미립자 제작

최병정, 이종휘, 양성채
전북대학교

Preparation of Silicon Nanoparticles for the Device of Photoluminescence

Byoung-Jung Choi, Jung-Hui Lee, Sung-Chae Yang
Chonbuk Univ.

Abstract : We experimentally demonstrated the synthesis of silicon nanoparticles by using high-density ablation plasma prepared by the interaction of an intense pulsed light-ion beam (LIB) with a target, known as the intense pulsed ion beam evaporation (IBE) method. Light emission was obtained from the silicon nanoparticles. It was determined that the ambient gas reaction is very important and useful method to obtain the photoluminescence from the silicon nanoparticles.

Key Words : photoluminescence, high-density ablation plasma, silicon nanoparticles, IBE method

1. 서 론

최근, 벌크상태에서는 발광을 얻을 수 없었던 실리콘 이 나노 크기의 미립자 크기로 변환을 시켜주면 발광을 얻을 수 있다는 연구결과로 인하여, 실리콘을 소재로한 발광소자 개발이 활발히 진행되고 있다. [1-6] 실리콘 나노 미립자를 제작하기 위한 방법으로 CVD나 PECVD등이 널리 사용되고 있으나, 아직까지는 공정에 있어서나, 제작된 실리콘 나노 미립자의 발광효율에 있어서 많이 부족한 현실이다. 본 연구에서는 Pulsed Ion Beam Evaporation (IBE)방법을 이용, Intense Pulsed Light-ion Beam (LIB)과 타겟의 입사할 때 발생하는 High Density Ablation Plasma에 의해 실리콘 나노 미립자를 제작하였다. [7,8] 저온에서의 박막제작을 위해 고안된 IBE법에 비활성 가스인 He를 혼합하여 실리콘 나노 미립자를 제작하였으며, 제작된 실리콘 나노 미립자의 발광분석을 실시하였다.

2. 실험

실리콘 나노 미립자의 제작을 위해 사용된 IBE법은 LIB가 타겟에 입사할 때 발생하는 고온, 고밀도의 ablation plasma를 이용하여 기판 상에 박막을 증착시키는 방법이지만, 실리콘 나노 미립자의 제작을 위하여 챔버 내부에 ambient gas인 He를 주입하여 박막으로 성장을 억제하고, 나노 사이즈의 실리콘 미립자를 제작하였다. 그림 1은 실리콘 나노 미립자 제작에 사용된 장비의 내부 구성도이다. 입사되는 LIB는 ~50 ns의 펄스폭과 MV(peak)의 전압과 460 kA전류로 타겟에 입사되었다. 양극과 타겟과의 거리(d_{AT})는 170 mm이며, 타겟과 기판과의 거리(d_{TS})는 90 mm이다. 사용된 기판은 Quartz Glass이고, 타겟은 Si(100)이 사용되었다. 압력(p)은 He 1Torr, 기판의 온도(T_{sub})는 실온에서 이루어졌으며, 제작 중 LIB의 입사량은 1번(shot)이다. 제작된 실리콘 나노 미립자의 sample은 기판 상에서 plasma를 중심으로부터 0 mm($r=0$ mm)인 지점과 20

mm($r=20$ mm)인 지점, 이 2지점에서의 sample을 취해 발광분석을 실행하였다.

표 1. 실리콘 나노 미립자의 제작 조건

Taget	Si(100)
Substrate	Quartz Glass
Anode-Target Distance (d_{AT})	170 mm
Target-Substrate Distance (d_{TS})	90 mm
Pressure (p)	He 1 Torr
Substrate Temperature (T_{sub})	Room Temperature
Shot of Ion Beam	1 shot
Distance from the center of ablation plasma (r)	0 mm, 20 mm

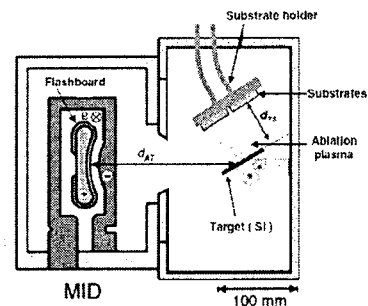
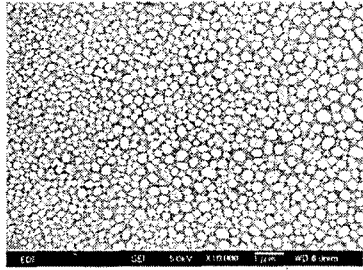


그림 1. 증착장치의 개략도

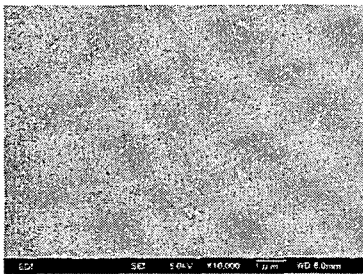
3. 결과 및 검토

그림 2는 제작된 실리콘 나노 미립자의 SEM 이미지를 보여주고 있다. 그림 2의 (a)는 plasma의 중심으로부터 거리가 0 mm인 지점($r=0$ mm)의 sample의 SEM 이미지이다. (a)의 미립자들의 평균 크기는 85 nm이다. 그림 2의 (b)는 plasma의 중심으로부터 20 mm인 지점($r=20$ mm)의

sample의 SEM 이미지이다. (b)의 미립자들의 평균 크기는 10 nm로써 (a)의 평균 크기보다 매우 작음을 알 수 있다. 이처럼 plasma에서의 중심으로부터의 거리에 따라 미립자의 크기들이 달라지는 이유는 미립자 제작을 위해 발생된 ablation plasm의 열에 의해 미립자들이 결정화되기 때문이다. plasma의 중심에 가장 많은 열이 집중이 되며, 바깥쪽으로 갈수록 그 열에 대한 영향은 점점 감소한다. He에 의한 미립자의 결정화 방지(냉각효과)는 중심에까지 영향을 주지는 못한다는 것이다.



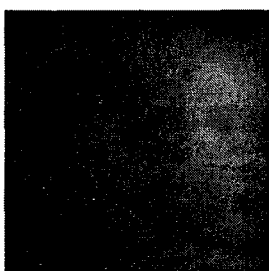
(a) $r = 0$ mm의 sample



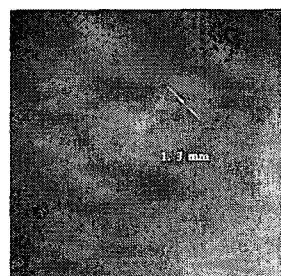
(b) $r = 20$ mm의 sample

그림 2. 제작된 실리콘 나노 미립자의 SEM 이미지

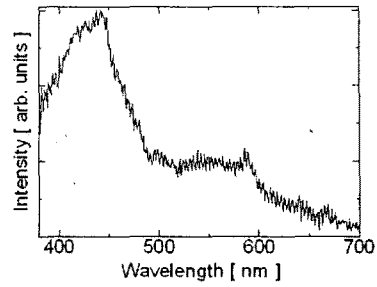
그림 3은 제작된 실리콘 나노 미립자의 발광분석(PL 분석)의 결과를 보여주고 있다. $r = 0$ mm인 sample은 그림 3-(a)와 같이 발광이 일어나지 않는다. 입자들의 평균 크기가 크기 때문에 발광이 일어나지 않는 것이다. 또한 크기가 작은 입자들이 발광을 하더라도, 큰 입자들이 이 발광에너지를 흡수하기 때문에 발광이 일어나지 않는다. 그림 3-(b)는 $r = 20$ mm인 sample의 발광분석결과를 보여준다. 약 1.3 mm 크기의 청색 발광이 일어난다. 또한 그림 3-(c)처럼 420 nm를 중심으로 한 PL파장을 보이며, 청색영역의 파장영역과 일치한다.



(a) $r = 0$ mm



(b) $r = 20$ mm



(c) $r = 20$ mm의 sample의 PL 스펙트럼

그림 3. 실리콘 나노 미립자의 PL 분석 결과

4. 결론

본 연구에서는 LIB를 이용한 IBE법을 이용하여 실리콘 나노 미립자를 제작하였다. SEM 이미지 분석 결과 균일한 미립자의 제작이 가능했으며, 파장영역이 일치하는 청색의 발광이 나타났다. 또한 발생한 청색발광은 안정적인 모습을 보여주었다.

감사의 글

본 연구는 Korea Energy Management Corporation (KEMC)와 Brain Korea(BK21)의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] L. T. Canhan, Appl. Phys. Lett., 57, 1046, (1990)
- [2] E. Werwa, A. A. Seraphin, L. A. Chiu, C. Zhou and K. D. Kolenbrander., Appl. Phys. Lett. 64 1821, (1994)
- [3] H. Mizuno, H. Koyama and N. Koshida Thin Solid Films 297 61, (1997)
- [4] K. Murakami, T. Makimura, N. Ono, T. Sakuramoto, A. Miyashita and O. Yoda Appl. Surf. Sci. 127 - 129 368, (1998)
- [5] L. Patrone, D. Nelson, V. Safarov, M. Sentis and W. Marine: J. Lumin. 80 217, (1999)
- [6] X. Y. Chen, Y. F. Lu, Y. H. Wu, B. J. Cho, M. H. Liu, D. Y. Dai and W. D. Song : J. Appl. Phys. 93 6311, (2003)
- [7] K. Yatsui, C. Grigoriu, H. Kubo, K. Masugata and Y. Shimotori Appl. Phys. Lett. 67 1214, (1995)
- [8] K. Yatsui, C. Grigoriu, K. Masugata, W. Jiang and T. Sonogawa: Jpn. J. Appl. Phys. 36 4928, (1997)