

고분해능 투과전자현미경에 의한 비정질실리콘 박막의
결정화에 관한 연구

(High-Resolution Transmission Electron Microscopy Study
on the Crystallization of the Amorphous Silicon Thin Films)

한국과학기술원 전자재료공학과 김진혁, 이정용

비정질 기판위의 다결정 실리콘 박막트랜지스터는 액정표시소자, 3차원 집적회로, 센서, VLSI 메모리셀 등에 높은 수행능력을 지니고 응용될 수 있기 때문에 많은 연구자들에 의하여 입자성장에 관한 연구가 진행되고 있다. 1), 2) 하지만 비정질 실리콘 박막에서 결정질 실리콘의 핵생성과 입자성장기구 및 결합형성에 관한 연구는 수행된 예가 드물다. 3) 따라서, 본 연구에서는 결정질 실리콘이 생성되는 초기에 핵의 모양과, 결정화된 실리콘 입자내부, 성장하는 입자의 비정질/결정질 계면등에 위치하는 원자들의 배열등을 고분해능 투과전자현미경을 사용하여 원자적 수준까지 관찰하고 분석하였다.

실리콘 기판위에 실리콘 산화막을 650nm 증착한 후, 저압화학증착법을 이용하여 520°C에서 실리콘을 비정질 상태로 증착시켰다. 이 시편들을 한종류는 550°C, 건조질소 분위기에서 열처리하였고, 다른 한종류는 XeCl excimer pulse laser를 이용하여 투과전자현미경 시편으로 제작한 후, 미세구조를 투과전자현미경을 이용하여 명시야상, 암시야상, 전자회절상, 고분해능상 등의 분석기술을 사용하여 조사하였다. 고분해능 투과전자현미경상은 가속전압이 200 kV이며, 고분해능 pole piece를 지니고 있는 JEOL사의 JEM-2000EX 투과전자현미경을 이용하여 얻었다.

노 열처리한 시편의 결정질 실리콘 핵은 원형으로 형성되었고, 성장된 입자의 모양은 타원 혹은 수지상 구조이었다. 그림 1은 비정질상 내에서 성장하는 결정질 실리콘 입자의 모양을 대표적으로 보여주는 고분해능 투과전자현미경상이다. 결정질 실리콘 입자내부에는 쌍정, intrinsic 적층결합, extrinsic 적층결합, 30° Shockley 부분전위, 분해된 나사전위, 완전전위 등이 관찰되었다. 이들 결합중 쌍정과 적층결합은 비정질/결정질 계면에서 (111) 면의 성장을 위한 우선 핵생성 위치인 오목한 부분을 제공하였다. 결과적으로 입자는 쌍정면과 적층결합면에 평행한 방향으로 길게 자란 모양을 가지고 있었다.

Laser를 이용하여 결정화된 시편은 폭발적 결정화(explosive crystallization)현상에 의하여 다결정 실리콘 박막으로 변화하였다. 그림 2는 결정화된 박막의 미세구조를 대표적으로 보여주는 명시야상이다. 다결정질 실리콘 박막은 다이아몬드 정방구조와 지금까지 밝혀지지 않은 새로운 육방정 구조를 갖는 결정들로 이루어져 있었다. 그 결정은 단위 격자의 격자상수가 $a = 0.382 \text{ nm}$, $c = 1.024 \text{ nm}$, 그리고 $c/a = 2.68$ 의 값을 갖는 구조로 이루어졌다. 육방정구조를 갖는 입자내부에는 전위, extrinsic 형태의 적층결합, intrinsic 형태의 적층결합등이 존재하였으나 결합들의 밀도는 고상결정화에 의하여 결정화된 입자내부에 존재하는 그것보다 현저히 줄어들었다. 새롭게 발견된 육방정실리콘과 입자내부에 존재하는 그것보다 현저히 줄어들었다. 새롭게 발견된 육방정실리콘과 입자내부의 결합등은 액체/고체 계면을 통한 높은 온도구배와 이에 따른 성장붕괴(growth breakdown)에 의하여 형성된 것으로 생각된다.

참고문헌

- 1) T. Aoyama, G. Kawachi, N. Konish, T. Suzuki, Y. Okajima, and K. Miyata, J. Electrochem. Soc., 136(4), 1169(1989).
- 2) C. Spinella and S. Lombardo, Appl. Phys. Lett., 57(6), 554(1990)
- 3) T. Noma, T. Yonehara, and H. Kumomi, Appl. Phys. Lett., 59(6), 653 (1991)