

레이저 열처리된 비정질 실리콘 박막의 결정화에 관한 고분해능  
투과전자현미경에 의한 연구

(High resolution transmission electron microscopy study on the  
crystallization of the laser annealed amorphous silicon thin films)

한국과학기술원 전자재료공학과  
김진혁, 이정용

### I. 서론

비정질 기판위의 다결정 실리콘 박막트랜지스터는 액정표시소자, 3차원 집적회로, VLSI 메모리셀 등에 높은 수행능력을 지니고 응용될 가능성이 높기때문에 최근 많은 관심의 대상이 되고 있다. 일반적으로, 다결정 실리콘 중 전자전송자의 이동도가 높은 것은 비정질 실리콘 박막을 증착한 후, 후 열처리 과정을 거쳐서 만들어 지는데, 특히, 레이저를 이용한 열처리 방법은 저온공정을 이룰 수 있고, 원하는 영역을 선택적으로 결정화 시킬 수 있기때문에 최근 많은 연구자들에 의하여 연구가 수행되고 있다.<sup>1)</sup> 본 연구에서는 비정질 위의 비정질 실리콘 박막을 레이저를 이용하여 결정화시켜, 이때 형성된 육방정 실리콘과 결정화된 입자내부에 존재하는 결함, 비정질/결정질계면 등에 위치하는 원자들의 배열 등을 고분해능 투과전자현미경을 이용하여 직접 육안으로 관찰하고 원자단위로 분석하였다.

### II. 실험 방법

5" 단결정 실리콘 기판 위에 실리콘 산화막을 650 nm 입힌 후, 기판을 520 °C로 유지하며 저압 화학증착법을 이용하여 실리콘 산화막 위에 실리콘을 비정질 상태로 520 nm 증착시켰다. 이와 같은 방법으로 제작한 비정질 실리콘 박막을 XeCl excimer pulse laser를 이용하여 결정화 시켰다. 결정화된 시편은 lift-off 방법을<sup>2)</sup> 이용하여 투과전자현미경 시편으로 제작하였다. 고분해능 투과전자현미경 시편을 얻기위한 시편은 HF : CH<sub>3</sub>COOH : HNO<sub>3</sub> = 1 : 1 : 5 용액으로 결정화시킨 실리콘 박막을 약간 녹여내어 두께를 감소시킨 후 lift-off 방법을 이용하여 제작하였다. 결정화시킨 실리콘 박막의 미세구조는 투과전자현미경을 이용하여 명시야상, 암시야상, 전자회절상, 고분해능상 등의 분석기술을 사용하여 조사하였다. 고분해능 투과전자현미경상은 가속전압이 200 kV이고, 고분해능 pole piece를 지니고 있는 JEOL사의 JEM-2000EX 투과전자현미경을 이용하여 관찰하였다.

### III. 결과 및 고찰

Laser를 이용하여 결정화시킨 시편을 관찰한 결과 다음과 같은 사실을 발견하였다. Laser에 조사된 모든 영역이 완전히 결정화 되었으며, 조사되지 않은 영역과의 계면에는 작은 입자가 조사된 영역의 큰 입자와 이웃하고 있었다. 결정화된 입자는 로 열처리된 시편의 일반적인 입자모양인 수지상과는<sup>3)</sup> 다르게 등방형의 구조를 가졌다. 입자의 크기는 전반적으로 약 수십 nm 정도였고, 중간 중간 약 500 nm의 크기를 갖는 입자들이 모여 이룬 영역이 존재하였으며, 이 영역은 약 50 nm의 크기를 갖는 입자들에 의하여 일정하게 둘러 쌓여 있었다. 결정화된 입자내부에는 로 열처리된 입자들보다 적은 밀도의 결함이 존재하였으며, 그 결함들은 쌍정과 적층결함이었다. 커다란 입자들이 존재하는 영역에서 몇몇 입자들은 다이아몬드 입방구조를 갖지 않는 새로운 사실을 발견하였다. 그림 1은 그런 입자들의 한 예를 보여주는 고분해능 투과전자현미경상이다. A, B 면들의 경우 면간거리는 0.315 nm이고, C 면의 경우 0.331 nm이며, 이들 면이 이루는 면의 면간각도는 62°, 56°, 62°이다. 이것은 일반적으로 실리콘 <110> 정대축에서 얻은 고분해능 이미지에서 관찰되는 {111} 면의 면간거리인 0.314 nm, 그리고 {111} 면들간의 각도인 70.5°와 다른 값이다. 다른 경우를 고려해보아도 이값들은

다이아몬드 입방구조의 실리콘에서 얻어질 수 없는 값이다. 이것을 해석하기위해서 가능한 결정구조를 고려해본 결과, 이 결정은  $a = 0.391 \text{ nm}$ ,  $c = 1.024 \text{ nm}$  그리고  $c/a = 2.68$ 의 격자상수를 갖는 육방정실리콘인 새로운 사실을 밝혔다. 색인결과 이 사진은  $z = [0111]$ 의 정대축을 갖는 면들에 의하여 형성된 것이고, 그 면들의 면지수가 사진에 표시되어 있다. 한편, 이 입자의 내부에는 적층결합과 전위가 존재하였다.

#### IV. 결론

레이저에 의하여 결정화된 입자는 일반적으로 알려진 수지상구조의 로열처리된 시편의 입자모양과는 다르게 등방형의 구조를 갖고, 입자의 크기는 전반적으로 약 수십 nm정도이고, 중간 중간 약 500 nm의 크기를 갖는 입자들이 모여 이룬 영역이 존재하였으며, 이 입자들의 일부는  $a = 0.391 \text{ nm}$ ,  $c = 1.024 \text{ nm}$  그리고  $c/a = 2.68$ 의 격자상수를 갖는 육방정실리콘인 새로운 사실을 밝혔다. 결정화된 입자내부에는 로열처리된 입자들보다 훨씬 적은 밀도의 결함이 존재하며, 그 결함은 쌍정, 적층결합 그리고 전위였다.

#### 참고 문헌

- 1) H. Kuriyama, S. Kiyama, S. Noguchi, T. Nohda, K. Sano, H. Iwata, S. Tsuda, and S. Nakamura, *IEDM91*, 563 (1991)
- 2) R.B. Iverson and R. Reif, *J. Appl. Phys.*, **57**, 5169 (1975)
- 3) T. Aoyama, G. Kawachi, N. Konish, T. Suzuki, Y. Okajima, and K. Miyata, *J. Electrochem. Soc.*, **136**, 1169 (1169)

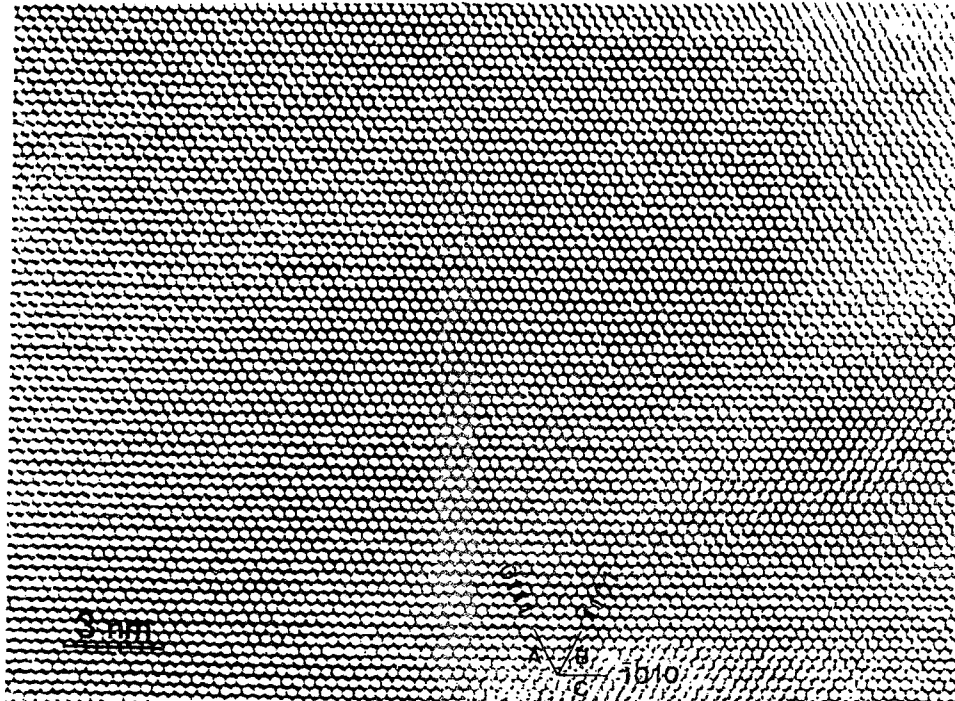


그림 1. [0111] 방향으로 배향된 육방정 실리콘의 고분해능 투과전자현미경상