

# Nd:YVO<sub>4</sub> CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막의 이온도핑 연구

김은현, 김기형<sup>1</sup>, 박성진, 구유미, 김채옥<sup>2</sup>, 장진  
경희대학교 물리학과, 한양대학교 물리학과<sup>1</sup>

## Ion doping effect on the Nd:YVO<sub>4</sub> CW laser crystallized poly-Si film

Eun-Hyun Kim, Ki-Hyung Kim<sup>1</sup>, Seong-Jin Park, Yu-Mi Ku, Chae-Ok Kim<sup>2</sup>, and Jin Jang  
Kyung Hee Univ., Han Yang Univ.<sup>1</sup>

### Abstract

Nd:YVO<sub>4</sub> 연속발진 레이저(CW laser:Continuous wave laser)로 제작한 다결정 실리콘 박막의 이온도핑 효과를 조사하였다. PECVD로 증착한 비정질 실리콘 박막을 CW 레이저를 조사하여 결정화한 후 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 플라즈마 이온 도즈량을 변화시켜 이온 도핑을 하고 급속열처리 방법과 퍼니스 어닐링 방법으로 도펀트 활성화를 하였다. 이온 도핑된 CW 다결정 실리콘 박막의 이온 도즈량에 따른 판저항 변화를 비교하고, 급속열처리(RTA: Rapid Thermal Annealing)와 퍼니스 어닐링(FA: Furnace Annealing) 전후의 결정성 변화를 라만 스펙트럼(Raman spectrum)을 통하여 분석하였다. 이온 도즈량이 증가함에 따라 판저항은 감소하고, 어닐링 후 이온 도핑에 의해 손상된 박막이 복원됨을 확인 할 수 있다.

**Key Words :** Poly-Si, Ion doping, Raman, CW laser

### 1. 서론

다결정 실리콘은 비정질 실리콘에 비해 우수한 전기적 특성과 안정성 때문에 평판디스플레이제작에 이용되는 기본 물질로 많은 연구가 행해지고 있다. 고품질의 다결정 실리콘 제작을 위한 방법으로서 최근에 기존의 ELA(Excimer laser annealing) 방식을 대체 할 수 있는 DPSS(Diode pumped solid state) 연속발진 레이저(Continuous wave laser: CW laser)를 이용한 비정질 실리콘의 결정화 방법이 제안되었다.<sup>1,2</sup> CW 레이저를 이용한 결정화는 안정한 파워와 균일한 레이저빔을 비정질 실리콘에 연속적으로 조사함으로써 레이저

빔 스캔 방향에 따라 성장한 크기 수  $\mu\text{m}$ 이상의 결정립으로 형성된 양질의 다결정 실리콘을 유리기판 위에 형성할 수 있다. 본 논문은 이온 도핑된 CLC (CW laser crystallization) 다결정 실리콘 박막의 이온도핑 효과<sup>3,4</sup>를 이온 도즈량에 따른 판저항 변화를 측정하여 비교하고, 도펀트 활성화 전후의 결정성 변화를 라만 스펙트럼을 통하여 분석하였다.

### 2. 실험

본 실험에서는 PECVD 장비로 corning 1737 유리기판 위에 두께 400nm의 실리콘 산화막(SiO<sub>2</sub>)

을 증착하고, 그 위에 두께 200nm의 a-Si:H 박막을 증착한 후 480°C에서 5시간 동안 탈수소화 하였다. 이렇게 얻어진 비정질 실리콘 박막 위에 532nm의 파장을 갖는 Nd:YVO<sub>4</sub> CW 레이저를 중첩 스캔 하여 박막을 결정화 하였다. 이때 레이저 파워와 스캔속도는 각각 8.5W와 250mm/s이다. 그림 1은 연속발진 레이저로 50% 중첩 스캔하여 제작한 다결정 실리콘의 광학 사진이다. 레이저 빔을 중첩시킴으로서 전기적 특성이 우수한 SLC(sequential lateral crystallization) 영역만으로 형성된 CLC 다결정 실리콘을 제작할 수 있다. 이 CLC 다결정 실리콘을 표 1에 나타난 조건으로 이온 도핑을 수행하였다. 이온 도핑 시간을 변화시켜 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 플라즈마 이온 도즈량을 변화시켰다.

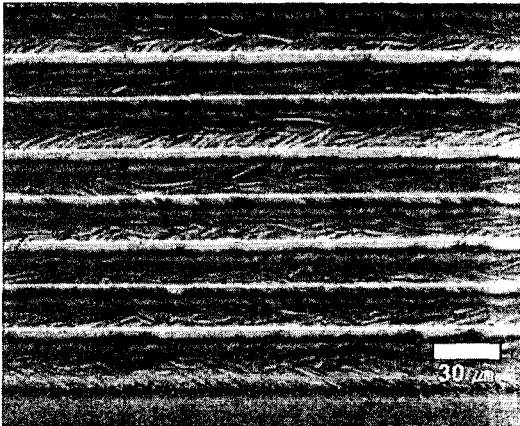


그림 1. 연속발진 레이저로 50% 중첩 스캔하여 결정화한 다결정 실리콘의 광학사진.

표 1. 이온 도핑 조건.

	P-type
B <sub>2</sub> H <sub>6</sub> [sccm]	20
RF power [W]	20
Pressure [mTorr]	6
Doping Time [min]	1, 2, 5, 10
Acc. Voltage [kV]	16
Ion Current [mA]	18

이온 도핑된 박막의 도펀트들을 활성화 시키기 위한 열처리 (thermal annealing) 방법으로 RTA(rapid thermal annealing)와 Furnace annealing을 하였다. RTA는 450°C로 1초 간격으로 3회 반복 열처리를 하였고, Furnace annealing은

420°C에서 2시간동안 열처리를 하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 CLC 다결정 실리콘의 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 플라즈마 이온 도즈량에 따른 판저항의 변화를 나타낸다. CLC 다결정 실리콘의 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 플라즈마 이온 도즈량이 증가함에 따라 판저항이 감소하였으며, RTA나 Furnace annealing을 하였을 경우 이온 도즈량이 증가하면, 비슷한 판저항이 측정되었다. B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 플라즈마 이온 도즈량이 7.4383×10<sup>16</sup>/cm<sup>2</sup>일때, 판저항은 2~3kΩ/□이다.

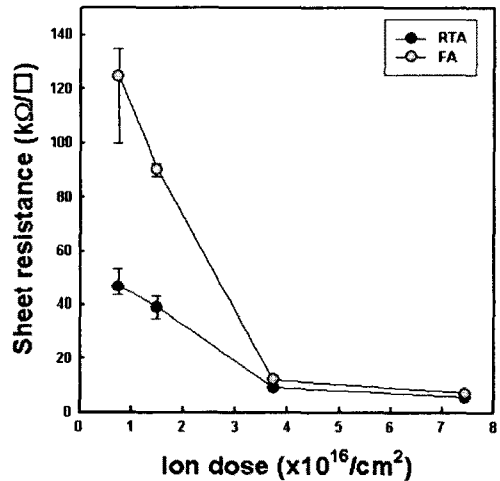


그림 2. CLC 다결정 실리콘의 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 플라즈마 이온 도즈량에 따른 판저항의 변화

그림 3은 도핑 전후의 다결정 실리콘의 라만 스펙트럼을 나타낸다. 라만 스펙트럼은 박막의 결정성을 관찰하기에 적합한 측정 방법으로 결정성에 따라 라만 피크의 강도와 위치가 달라짐을 이용하여 다결정 실리콘 박막의 결정성 변화 여부를 분석할 수 있다. 이온 도핑하기 전에 비하여 도핑한 후 라만 피크의 강도가 도핑 시간에 따라 감소한다. 이것은 이온 도즈량이 증가함에 따라 박막이 더 많이 손상되기 때문이다. 그림 4는 RTA를 이용하여 도펀트를 활성화 시킨 후 박막의 결정성 변화를 라만 스펙트럼으로 분석한 그래프이다. 그림 3과 비교하였을 때, 전체적으로 라만 피크의 강도가 증가함을 보이는데, 이는 열처리 후 도펀트가 활성화되면서 손상된 박막이 복원된다는 것을 의미한다. 그림 5는 Furnace annealing 후 CLC 다결정 실

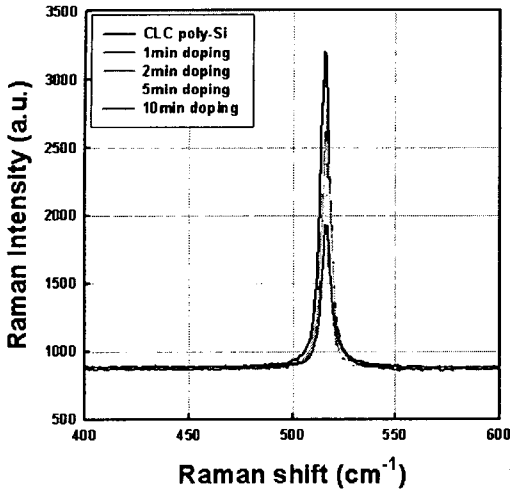


그림 3. 이온 도핑 전후의 CLC 다결정 실리콘의 라만 스펙트럼.

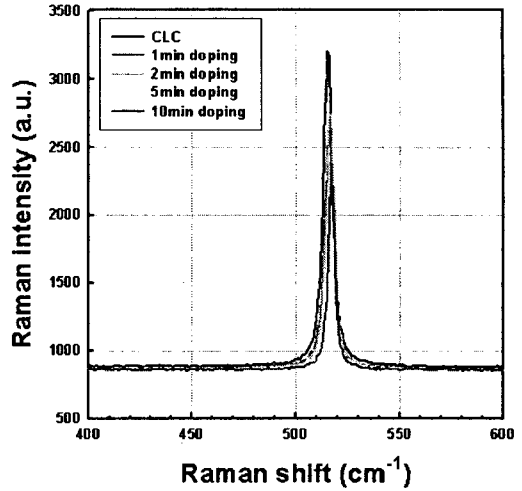


그림 5. Furnace annealing 후 CLC 다결정 실리콘의 라만 스펙트럼.

리콘의 라만 스펙트럼을 나타낸다. 그림 4의 RTA

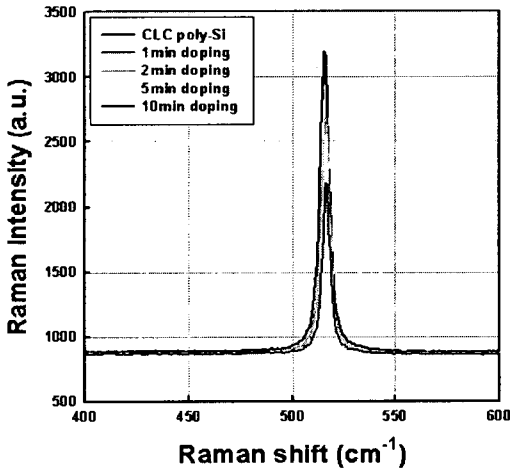


그림 4. RTA 열처리 후 CLC 다결정 실리콘의 라만 스펙트럼.

로 열처리된 박막과 유사하게 전체적으로 다결정 실리콘의 결정성이 복원됨을 보여준다. RTA나 Furnace annealing을 수행한 후 다결정 실리콘 박막내 도펀트의 활성화와 동시에 이온 도핑을 통하여 손상된 박막의 결정성이 보상되는 것을 라만 스펙트럼을 통해 확인 할 수 있었다.

그림 6은 도핑 전, 후 그리고 도펀트 활성화를 위해 열처리를 한 후의 라만 이동(Raman shift)의

차이( $\Delta\omega$ )를 나타낸다. 라만 이동의 차이( $\Delta\omega$ )는 박막의 스트레스에 관계되는 값으로 라만 스펙트럼에서 최고치 값의 변화 정도를 나타내는 값이다. 그림 6에서는 이온 도핑 전후, 도펀트 활성화 후 모두 거의 비슷한 값을 갖는다. 즉, 이온 도핑을 하거나, 도펀트 활성화를 위해 열처리를 한 후에도 박막의 스트레스 변화는 거의 없는 것으로 보인다.

#### 4. 결 론

532nm의 파장이 가는 연속발진 Nd:YVO<sub>4</sub> 레이저(CW laser)도 세척한 다결정 실리콘 박막의 이온 도핑 효과를 조사하였다. B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 플라즈마 이온 도즈량이 증가 할수록 판저항은 감소하고, 다결정 실리콘 박막의 결정성이 손상됨을 라만 스펙트럼을 통해서 알 수 있다. RTA와 Furnace Annealing을 수행하여 도펀트 활성화를 하였을 때, 이온 도핑 시 손상되었던 박막이 열처리를 통해 복원될 수 있다. 도핑 전후, 열처리 후의 라만 이동의 차이( $\Delta\omega$ )는 거의 없는 것으로 보아 다결정 실리콘 박막의 스트레스 변화는 없는 것으로 보인다.

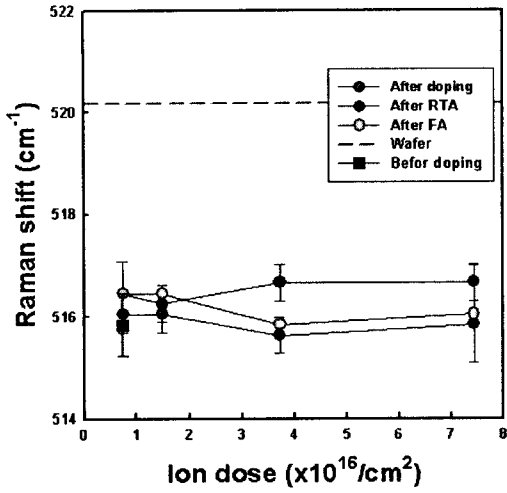


그림 6. 이온 도핑 전후, 도펀트 활성화 열처리 후의 CLC 다결정 실리콘의 라만 이동 차이( $\Delta\omega$ ).

### 참고 문헌

- [1] A. Hara, F. Takeuchi, M. Takei, K. Suga, K. Yoshimo, M. China, Y. Sano, N. Sasaki, Jpn. J. Appl. Phys. 41,L311, 2002.
- [2] Y. M. Ku, K. H. Kim, S. H. Kang, S. J. Park, J. Jang, IDW'04 P.509.
- [3] K. H. Kim, S. Y. Yoon, C. O. Kim, J. Jang, J. Korean Phys. Soc. 30, S231, 1991.
- [4] J. M. Kim, W. S. Hong, D. Y. Jim, J.S. Jung, J. Y. Kwon, T. Noguchi, IMID'04.