

Laser-induced crystallization of amorphous and microcrystalline silicon during measurements of Raman spectroscopy

박성규^{a*}, 권정대^a, 이영주^a, 김동호^a, 정용수^a

^{a*}한국기계연구원 부설 재료연구소(E-mail:sgpark@kims.re.kr)

초 록: 라만(Raman) 분광법은 실리콘의 결정화도를 분석하는데 가장 유용하게 쓰이는 기법이다. 본 논문에서는 상압 플라즈마 화학기상증착법 (atmospheric pressure plasma-enhanced chemical vapor deposition, AP-PECVD)에 의해 형성된 실리콘 박막의 결정화도를 라만 분광법에 의해 분석하였다. 라만 분석 시, 조사하는 레이저의 파장에 따라서 실리콘 박막 내로의 침투깊이가 결정된다. 또한 레이저의 파워가 임계점을 넘게 되면, 레이저에 의한 실리콘의 결정화가 진행되는 것을 확인하였다.

1. 서론

태양전지용 미세결정질 실리콘 박막을 제조하기 위해서는, 일반적으로 반응기체로 실란(SiH_4)과 수소(H_2) 가스를 주입하고, 13.56 MHz의 라디오 주파수 파워를 인가하여 반응을 유도하고 있다. 이러한 PECVD법은 고진공을 유지하기 때문에, 박막의 증착속도가 매우 느리다는 단점을 가지고 있다. 하지만, 상압에서 150 MHz의 very high frequency (VHF)의 고주파수를 인가하는 AP-PECVD법을 활용하면, 높은 압력에서 공정이 이루어지기 때문에, 높은 플라즈마 밀도에 의한 고속증착이 가능하다. 본 연구에서는 AP-PECVD법에 의해 형성된 비정질 실리콘과 미세결정질 실리콘의 라만 분광법을 통해 결정화도를 분석하였다. 라만 분석시, 조사하는 레이저의 파장으로 514.5 nm와 632.8 nm를 사용함으로써, 파장에 따른 결정화도를 살펴보았다. 또한 레이저 파워에 따른 결정화도의 변화를 살펴보았다.

2. 본론

실란(SiH_4)과 수소(H_2)의 비율을 1:12로 주입한 후, AP-PECVD를 수행하여 1 μm 의 미세결정질 실리콘 박막을 형성하였다. 그림 1은 조사되는 레이저의 파장이 514.5 nm일 때의 라만 분석 결과이다. 사용하는 레이저의 파장이 작을수록 실리콘 박막 내부로 침투하는 깊이가 작아진다. 514.5 nm를 사용할 때에는 침투깊이가 약 100 nm로 작기 때문에, 측정된 라만 결과는 박막 표면으로부터 기인한다. 미세결정질 실리콘의 경우에는 중심이 480 cm^{-1} 인 비정질 실리콘 피크와 중심이 520 cm^{-1} 인 결정질 피크가 동시에 나타나고, 각 피크를 분리함으로써, 결정화도를 결정할 수 있다. 레이저의 파워가 낮을 때에는 (그림 1-(b)) 중심이 520 cm^{-1} 인 결정질 피크가 변하지 않지만, 파워가 0.57 mW 이상에서는 결정질의 피크가 blue-shift 하는 것을 관찰하였다. 이는 레이저의 국부적인 heating에 의해, 실리콘 박막 내부에서 전이가 일어나기 때문이다. 전이가 일어나지 않을 때 (laser power=0.057 mW)의 결정화도는 50.6%로 측정되었다.

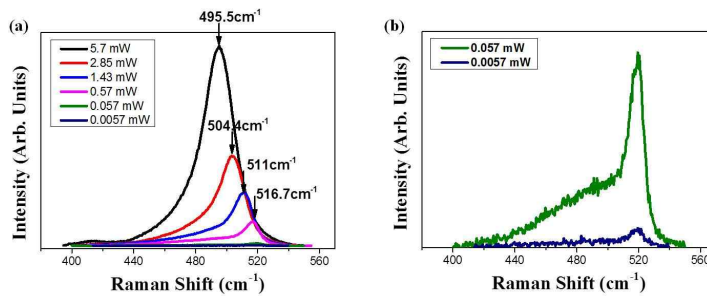


Fig. 1. Raman spectra of microcrystalline silicon thin films with a 514.5 nm excitation laser.

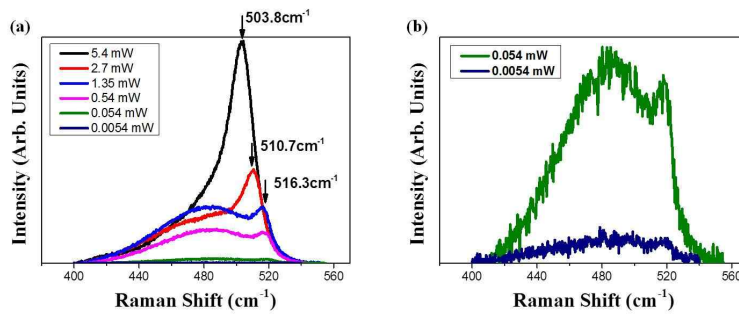


Fig. 2. Raman spectra of microcrystalline silicon thin films with a 632.8 nm excitation laser.

그림 2는 동일한 시편을 632.8 nm의 레이저로 조사하였을 때의 라만 분석결과이다. 이 때에는 1.35 mW 이상의 레이저가 조사되었을 때, 레이저에 의한 결정화가 진행되는 것으로 판명되고 있다. 결정화가 진행되지 않았을 때의 박막의 결정화도는 18.9%로, 514.5 nm 일 때인 50.6%보다 상당히 낮은 결정화도를 나타내고 있다. 이러한 결과를 632.8 nm의 경우, 침투 깊이가 상대적으로 514.5 nm보다 크기 때문에 박막의 표면 뿐만 아니라, 내부의 결정화도까지 고려한 결과라고 생각된다.

3. 결론

라만 분석은 실리콘 박막의 결정화도를 측정하는 데 있어 가장 유용하게 쓰이는 분석법임에도 불구하고, 조사하는 레이저의 파장이나 파워에 대한 체계적인 분석결과는 쉽게 찾아볼 수 없었다. 본 연구에서는, 라만 분석 시 조사하는 레이저의 파장이나 파워에 따라, 측정되는 결정화도가 2.5배 이상 차이가 나는 것을 확인하였다.