

실리콘 나노 결정이 포함된 실리콘 질화물 박막의 광반응성

김상균, 김백현, 조창희, 박성주

광주과학기술원 신소재공학과

실리콘 나노결정을 이용한 메모리 소자 및 광소자에 대한 연구가 각광을 받고 있다. 본 그룹에서는 암모니아 유량을 조절하여 실리콘 질화물 박막 내의 나노 결정 크기를 조절할 수 있고, 양자 구속 효과에 의해 발광 피크의 위치가 바뀐다는 것을 보고한 바가 있다[Appl. Phys. Lett. **88**, 123102 (2006) Tae-Wook Kim et. al]. 본 연구에서는 양자 구속 효과가 흡수 특성에 미치는 영향과, 실리콘 나노 결정을 포함하는 실리콘 질화물 박막의 광반응성에 대해 조사하였다.

실리콘 나노결정이 포함된 실리콘 질화물 박막을 PECVD(plasma-enhanced chemical vapor deposition)를 이용하여 실리콘 웨이퍼(n type, 0.002 Ω -cm)에 증착하였으며, 실리콘 나노 결정 크기는 SiH₄과 NH₃ 유량 비율을 조절함으로써 3.0~4.5nm범위에서 조절되었다. 박막의 흡수 계수(α)와 N/Si 조성 비율은 UV-Vis spectrometer, ellipsometer, rutherford backscattering을 이용하여 확인되었다. 빛이 없을 때와 있을 때의 I-V 특성을 측정하기 위하여, In₂O₃:Sn(ITO)층을 실리콘 질화물 층 위에 증착하였고, 알루미늄 층이 전면 및 후면 전극으로 사용되었다. 할로젠-텅스텐 램프와 다양한 파장의 발광 다이오드가 광원으로 사용되었다.

NH₃ 유량이 증가함에 따라, 양자점 크기가 줄어들고, photoluminescence(PL) 위치와 Tauc bandgap 또한 단파장 쪽으로 이동하는 것을 확인하였다. 각 증착 조건에서 PL 위치와 Tauc bandgap의 차이인 stokes shift는 $1/d^2$ (d =양자점 크기)에 비례하였는데, 이는 양자 구속 효과가 존재함을 의미한다. 또한, $\alpha \propto (E-E_{\text{tauc}})^m$ 관계에서, 간접 천이 특성을 가지는 Si wafer는 $m=2$ 를 보인 반면, 양자점이 작아질수록 m 이 줄어들어 직접 천이 특성이 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

빛이 조사되었을 때 전류가 증가하기 시작하는 파장은 양자점 크기가 작아질수록 단파장으로 이동하였으며, 질화물 박막의 흡수 특성과 일치하는 결과를 보였다. 같은 파장에서의 외부 양자 효율 또한 양자점 크기가 커질수록 증가하는 경향을 보였고, 양자점 크기 3.8nm의 박막의 경우, 440nm의 광원과 1MV/cm의 역방향 전계에서 25%의 양자효율을 보였다.