

온도에 따른 실리콘 나노결정 PL 특성

PL characteristics of silicon-nanocrystals as a function of temperature

김광희, 김광일*, 권영규**, 이용현***

옵토웨이, 포항산업기술연구원, 위덕대학교**, 경북대학교***

Kwang-Hee, Kim, Kwang-Il Kim*, Young-Kyu Kwon**, Yong-Hyun Lee***

Optoway, Inc, RIST, Uiduk University**, Kyungpook University***

Abstract

Photoluminescence(PL) properties of Silicon nanocrystals (nc-Si) as a function of temperature is reported to consider the mechanism of PL. Nc-Si has been made by Si⁺ ion-implantation into thermal SiO₂ and subsequent annealing. And after gold had been diffused at the same samples above, the resultant PL spectra has been compared to the PL spectra from the non-gold doped nc-Si.

PL peak energy variation from nc-Si is same with the variation of energy bandgap of bulk silicon as temperature changes from 6 K to room temperature. This result may mean nc-Si is still indirect transition material like bulk silicon. Gold doped nc-Si reveals short peak wavelength of PL spectrum than gold undoped one. PL peak shift through gold doing process shows clearly the PL mechanism is not from defect or interface states. PL intensity increases from 6K to a certain temperature and then decrease to room temperature. This characteristic with temperature shows that phonon have a role for the luminescence as theory explains that electron and hole can be recombined radiatively by phonon's assist in nc-Si, which is almost impossible in bulk silicon. Therefore luminescence is observed in nc-Si constructed less than a few of unit cell and the peak energy of luminescence can be higher than the bulk bandgap energy by the bandgap widening effect occurs in nanostructure.

열산화막(SiO₂)내에 실리콘 나노결정(Si nanocrystals)이 형성된 경우 그로부터 발생하는 포토루미네선스(PL:Photoluminescence)스펙트럼의 온도에 따른 변화를 관찰 함으로써 실리콘 나노결정의 에너지 밴드갭과 벌크 실리콘의 밴드갭에서 어떤 차이가 있는 지 조사하였다. 이를 통해 실리콘 나노결정 PL 현상의 메커니즘을 간접적인 방법으로 고찰하였다.

두께가 200 nm인 열산화막에 실리콘 이온의 도스를 $5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 로 하고, 그 가속에너지를 130 keV 로 하여 1100 °C 에서 2시간 동안 질소분위기에서 열처리하여 실리콘 나노결정을 형성하여 6 K부터 300 K의 온도 범위에서 PL 스펙트럼을 측정하였다. 또 같은 공정조건으로 실리콘 나노결정을 형성한 후 1010 °C 의 온도에서 질소 분위기로 1시간 동안 금을 확산한 시료에 대해서도 온도의 변화에 따른 PL 스펙트럼을 관측하였다. PL 측정에 사용한 여기 광원

은 325 nm 의 He-Cd 레이저였다.

온도 변화에 따라 실리콘 나노결정의 PL 특성을 관측한 결과, 실리콘 나노결정의 온도에 따른 에너지 갭의 변화가 벌크 실리콘의 온도에 따른 에너지 갭의 변화가 같았다. 또 금을 도핑한 시료에서의 온도에 따른 PL 스펙트럼의 변화는 금을 도핑하지 않은 시료에서와 같은 경향을 나타내었다.

이로써 실리콘 이온 주입한 후 열처리 하여 실리콘 나노결정이 형성된 시료에서의 PL 스펙트럼 특성이 결합준위나 또는 계면준위로부터의 재결합에 의한 것이 아님을 알 수 있었다.