

실리콘 옥사이드와 실리콘 나이트라이드 다층 박막에서의 실리콘 나노 클러스터와 어븀의 상호작용 거리에 대한 연구

김인용¹, 신중훈¹, 서세영², 김경중²

¹KAIST 물리학과, ²한국표준과학연구원 나노소재측정센터

실리콘 나노클러스터에 의한 어븀의 발광효과 증가는 크고 연속적인 흡수 영역을 갖는 나노클러스터와 광통신에서 기술적으로 중요한 $1.5\mu\text{m}$ 의 파장의 빛을 안정적으로 발광하는 어븀의 특성을 결합함으로써 실리콘 광기술에서의 효율적이고, 값 싼 광원을 위한 가능성을 갖고 있다. 이를 위해 많이 사용되고 있는 물질은 실리콘이 많은 실리콘 옥사이드 물질로, 어븀이 도핑된 SiO_2 에 실리콘 나노 클러스터를 갖는 구조이다. 이는 나노클러스터를 갖고 있지 않는 경우보다 약 100 ~ 1000배 강한 빛을 낸다. 하지만, 이 물질은 나노클러스터와 반응하는 어븀의 비율이 매우 작다는 문제를 갖고 있다. 이전의 보고된 논문에 따르면, 나노클러스터로부터 어븀으로 에너지가 전달될 수 있는 거리가 0.5nm 로 매우 짧다는 현상이 어븀의 반응 비율이 낮은 원인 중 하나로 지적되었다. 하지만, 상호작용 거리 역시, 0.5nm 또는 2.0nm 등으로 차이가 많이 나는 실험값들이 보고되었다. 본 연구에서는 실리콘 나노클러스터와 어븀 사이의 상호작용 거리의 변화가 어떠한 원인들에 의해 변할 수 있는지에 대해 연구하였다.

샘플은 $\text{SiO}_x/\text{Si}_3\text{N}_4:\text{Er}/\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Si}_3\text{N}_4:\text{Er}$ 구조로 ion beam sputter system을 통해 증착되었다. SiO_x 층은 3nm 로 고정하고, $\text{Si}_3\text{N}_4:\text{Er}$ 층은 $0.2\text{nm} \sim 1.5\text{nm}$ 까지 변화시켰고, Si_3N_4 층은 전체 실리콘 나이트라이드 층의 두께를 일정하기 위한 buffer 층으로 사용되었다. 모든 샘플은 증착 후, 질소 환경에서 1150°C 로 20분간 열처리 하였다. 광루미네선스(PL) 측정은 상온에서 이루어졌고, 실리콘 나노클러스터로부터 전달된 에너지에 의한 효과만을 보기 위해 476.5nm 파장의 Ar 레이저를 사용하였다.

우리는 어븀 층의 두께가 늘어남에 따라 실리콘 나노클러스터의 PL이 낮아지고, 어븀의 PL이 낮아지는 것을 관찰하였고, 이는 지수 함수 그래프로 잘 표현되었다. 실리콘 나노클러스터는 약 0.4nm 의 상호작용 값을 갖는 반면, 어븀은 1.1nm 로 실리콘 나노클러스터보다 약 2~3배의 거리에 해당하는 값으로 표현되었다. 이로부터 실리콘 나노클러스터는 가까운 위치의 어븀에 에너지를 전달해 주고, 멀리 떨어진 어븀은 어븀 사이의 상호작용을 통해 에너지를 전달받는다는 것을 발견하였다.