

GaAs (n11)A기판 위에 분자선에피탁시법으로 성장시킨 InAs 양자점의 특성

김광무*, 오치성, 박용주, 장영준, 고동환, 김은규, 민석기,
Semiconductor Materials Laboratory, Korea Institute of Science and Technology
P. O. Box 131, Cheongryang, Seoul, 136-650

한철구*, 박정호*

*Department of Electronic Engineering, Korea University, Seoul, 136-701, Korea

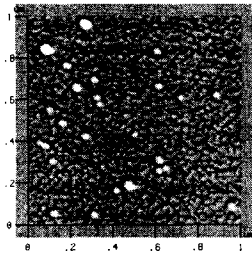
본 연구에서는 분자선 에피탁시 (molecular beam epitaxy : MBE)방법을 사용하여 GaAs (100) 및 (n11)A 기판위에 InAs 양자점 성장시 InAs 성장속도를 약 0.15ML/sec로 하여 1초 성장과 As분위기에 interruption을 반복하여 성장할 때, interruption시간에 따른 양자점의 특성을 photoluminescence (PL)과 atomic force microscopy(AFM)을 통한 광학적 특성과 표면 특성을 연구하여 PL peak의 위치를 특정파장대로의 제어를 할 수 있는 새로운 가능성을 제시하고자 한다.

실험은 GaAs (100) 기판과 (511)A, (311)A, (211)A 기판을 사용하여 동일 조건으로 실험을 수행하였다. 시편은 각각 유기세척과 에칭후 MBE를 이용하여 성장하였다. 기판은 580 °C 이상으로 가열하여 시편 표면의 산화막을 제거한 다음 성장 온도 580 °C에서 GaAs buffer layer를 약 300 nm의 두께로 성장하였다. 이후 InAs 양자점 형성을 위해 기판의 온도를 500 °C로 낮춘다음, 양자점을 성장시킨다. 양자점 성장은 1sec 동안 In shutter를 열어 InAs 성장을 약 0.15 ML 수행한 후 In shutter를 닫고 interruption 시간을 0, 5, 20 sec를 반복하며 성장시켰다. AFM 측정을 위한 시편은 양자점 성장후 기판의 온도를 급속냉각하여 표면 형태를 유지하였다. 또한 PL 측정용 시편은 양자점 성장후에 약 150 nm 두께의 GaAs cap layer를 성장하였다. Cap layer 성장온도는 양자점 성장온도와 같은 500 °C 이다.

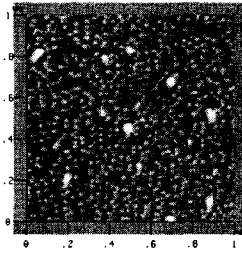
그림1은 GaAs (100)과 (311)A 기판에서 interruption time을 0 sec, 5 sec, 20 sec로 변화시켜서 양자점의 변화를 AFM으로 관측한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 (100) 기판의 경우 interruption을 0 sec로 주었을 때, 표면의 strain energy가 안정화되기 전에 양자점이 형성되어 작은 크기의 양자점과 큰 양자점의 두 집단으로 나뉘어져서 균일도가 저하되었으며, 5 sec interruption을 주었을 경우는 안정화된 양자점이 형성되어 균일도가 증가되었다. 또 20 sec interruption을 주었을 경우는 5 sec interruption에서 볼 수 있는 크기의 안정화된 양자점이 새로운 양자점의 형성됨에 따라 질량전달 현상으로 인해 더 작은 크기의 양자점으로 균일하게 형성되었다. 그러나 (311)A 기판위에 성장한 양자점은 interruption time의 증가에 따라서 (311)A 기판의 특성인 arrow-like한 양자점의 장축과 단축의 길이 모두 증가하는 경향을 나타내고 있다. 양자점 크기의 증가와 더불어 양자점의 밀도는 감소하는 경향을 보이고 있다. 하지만 interruption time이 20 sec 일 때도 크기에 관계없이 arrow-like한 모양이 계속해서 유지되고 있다. 또 (511)A와 (211)A 기판에서도 interruption time의 증가에 따라서 양자점의 크기는 증가하고, 밀도는 감소하지만 기판특성에 기인된 양자점의 모양을 유지하고 있다.

그림2는 기판방향에 따른 PL특성이다. (100)기판에서는 0 sec, 5sec, 20 sec interruption time에 따라 peak의 위치가 10230 Å, 11300 Å, 10385 Å으로 변화였다. 이는 양자점 크기의 변화와 대응된다. 그러

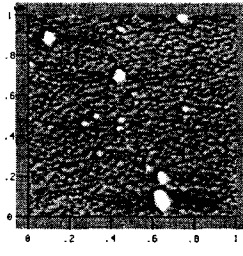
나 (311)A기판은 interruption time의 증가에 따라서 오히려 PL peak이 단파장으로 이동함을 보였다. 이는 AFM으로 관측한 크기의 증가와 상반되는 결과이다. 이는 (211)A기판에서도 나타난 결과로써, (211)A와 (311)A기판은 약 9000Å 의 단파장으로, (511)A기판은 약11200Å 영역의 장파장으로 Interruption time의 증가에 따라 이동함이 관측되었다. 양자점의 모양과 그에 따른 광학적인 특성은 밀접한 관련이 있는 것으로 사료되며 이에 관해 상세히 논의될 것이다.



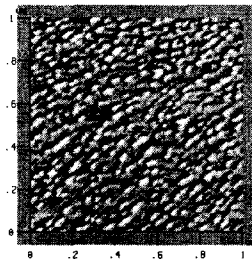
(a) (100) no interrupt



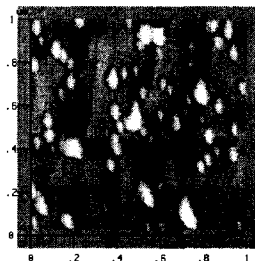
(b) (100) 5sec interrupt



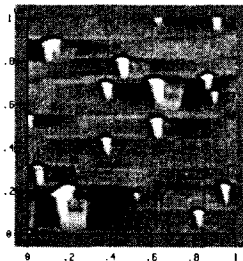
(c) (100) 20sec interrupt



(d) (311)A no interrupt

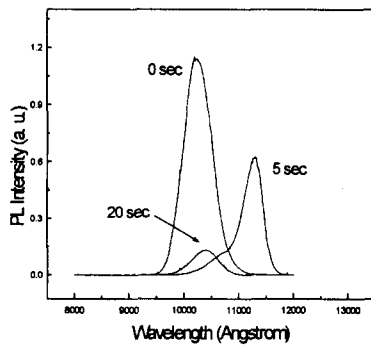


(e) (311)A 5sec interrupt

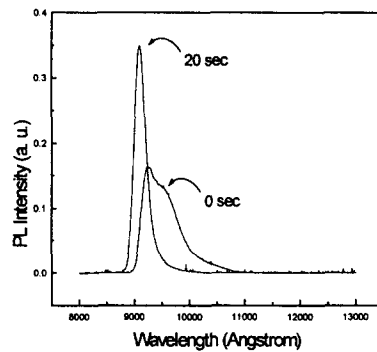


(f) (311)A 20sec interrupt

그림1. GaAs(100), (311)A 기판에 interrupt 시간에 따른 AFM image



(a) (100)기판



(b) (311)A기판

그림2. Interrupt time에 따른 PL spectra