

CBE를 이용한 InAs/InP 양자점의 성장 및 PL 연구

The Study of the Growth and the Photoluminescence of InAs/InP Quantum Dot by Chemical Beam Epitaxy

양지상, 우덕하, 이석, 김선호, 김대식*

한국과학기술연구원 광기술연구센터, *서울대학교 물리학과

jisang@phya.snu.ac.kr

최근에 Stranski-Krastanov 방법을 이용한 나노미터 크기의 변형된 섬 구조 제작에 많은 관심을 보이고 있다.⁽¹⁾ 이는 결함이 적고, 균일한 저차원의 반도체 구조가 광전자 장치에 지대한 발전을 가져올 것으로 기대되기 때문이다. 예를들어 양자 선이나 양자 점은 반도체 레이저의 이득 영역으로 좋은 특성을 가지는 것으로 알려졌다.⁽²⁾ 이 논문에서 우리는 Chemical Beam Epitaxy (CBE)를 이용하여 InP 기판 위에 격자상수가 맞지 않는 InAs 층의 성장과 Photoluminescence (PL) 측정을 통해 이 구조의 특성에 대해서 알아보려고 한다.

그림 1은 이 실험에 사용된 시료의 성장방법을 대략적으로 나타낸 것이다. InAs/InP 단일 우물 구조는 500 °C 의 온도로 (100) 방향의 n 타입 InP 기판위에 성장 되었다. 먼저 500 Å 두께의 InP 버퍼 층을

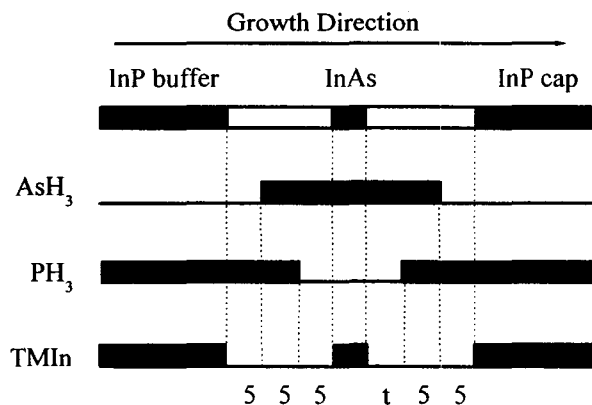


Fig. 1

쌓고, 그 위에 InAs 단일 우물 구조, 그리고 InP 500 Å 캡 층을 성장시켰다. 가스 소스의 교환방법은 그림에서 보여지는 것과 같이 InP 버퍼층 성장 후 5 초 동안 PH₃ 를 그 다음 5 초 동안은 PH₃ 과 AsH₃ 를 같이, 그리고 5 초 동안은 AsH₃ 만 공급해 주었다. 그리고 InAs를 성장한 후, InAs 와 InP 사이는 대칭적으로 가스를 교환해 주었다. 다만 AsH₃ 공급시간 t 는 10 초와 15초로 다른 시간보다 길게 해주었는데, 이것은 이 시간 동안 격자상수가 안 맞는 InAs 층이 서로 뭉쳐서 양자점을 형성하게 하기 위함이다. InAs 성장 속도는 0.3 μm/h 또는 0.15 μm/h 이고, 성장 두께는 5 Å 또는 7 Å 이다.

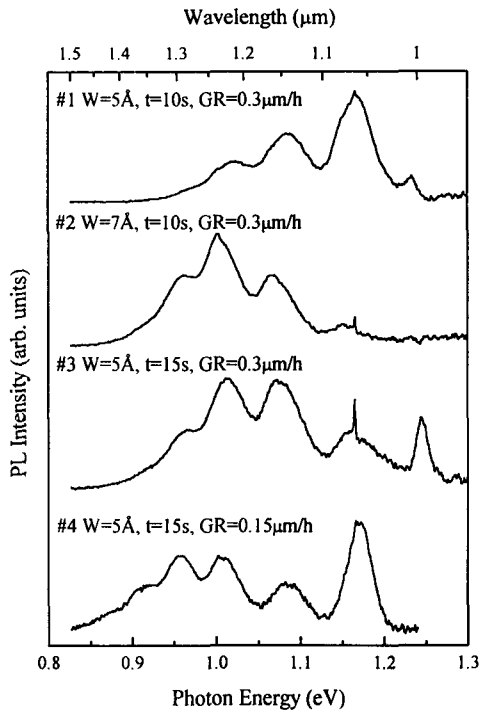


Fig. 2

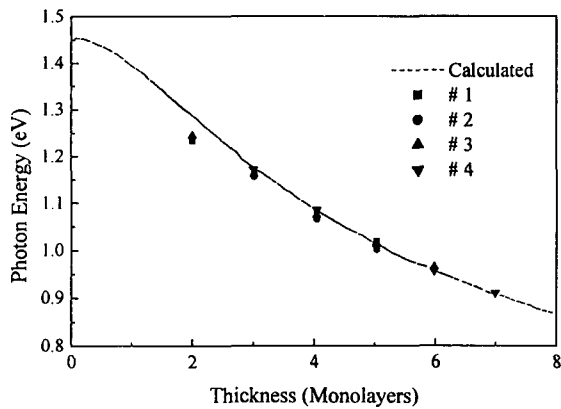


Fig. 3

그림 2는 위와 같은 방법으로 키운 4 가지 서로 다른 조건의 InAs/InP 단일 양자 우물 구조에서의 저온 (10 K) PL 스펙트럼을 나타낸 것이다. 각각의 경우에서 여러 개의 피크를 볼 수 있는데, 우리는 이것을 InAs 가 서로 뭉치면서 서로 독립적인 섬을 형성하여, 각 섬에서 나온 파장이라고 해석할 수 있다. 각 피크의 위치는 모노레이어의 정수배의 단일 양자 우물의 위치와 비슷하다 이는 격자변형을 고려한 envelope function 근사⁽³⁾ 계산으로부터 확인할 수 있다. (그림 3) 즉, 섬을 이루더라도 모노레이어의 정수배의 섬을 형성하는 것으로 보여지며, 각 피크의 위치가 변형된 InAs 단일 양자 우물의 기저에너지에 해당하는 것으로 보아서, 양자섬 측면 크기는 양자효과가 작을 정도로 큼을 알 수 있다. 한편 피크가 넓은 것은 섬의 크기가 불균일하지만, 측면 방향으로의 양자효과가 있음을 보여준다. 첫 번째 시료의 경우 뭉치는데 필요한 시간이 적어서 얇은 양자섬이 많이 형성되었음을 알 수 있고, 두 번째 시료의 경우엔 InAs 성장층이 두꺼우므로 두꺼운 양자섬이 많이 형성되었음을 알 수 있다. 또 세 번째 시료에서는 첫 번째 시료보다 뭉치는 시간이 길기 때문에 두꺼운 양자섬이 많이 형성되었고, 네 번째 시료는 성장시간이 느릴수록 잘 뭉친다는 것을 보여준다.

결론적으로 우리는 PL 측정 실험을 통하여, InP 위에 격자상수가 다른 InAs 를 성장시 격자상수 차이에 의해 자연스럽게 서로 뭉쳐서 모노레이어의 정수배에 해당하는 섬을 이룸을 알 수 있었고, 각 섬들은 서로 독립적이며 측면 방향으로의 크기는 크지만 양자효과가 나타남을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Y. Arakawa and H. Sakaki, Appl. Phys. Lett. **40**, 939 (1982).
2. M. Asada, Y. Miyamoto, Y. Suematsu, Jpn. J. Appl. Phys. **24**, L95 (1985).
3. J. Y. Marzin, "Strained Superlattices", in *Heterojunctions and Semiconductor superlattices* G. Allan, G. Bastard, N. Boccara, M. Lanno and M. Voos Eds. (Springer-Verlag, Berlin, 1986)