

InP계 나노양자점 광증폭기 제작 및 특성

정원국¹, 편수현¹, 고덕길¹, 윤주형¹, 이동한², 김남제², 이은구², 오정미², 장종원³¹성균관대학교 신소재공학부, ²충남대학교 물리학과, ³(주)나노에피

나노 양자점(quantum dot; QD)이 갖는 inhomogeneous broadening 특성을 이용하여 채널 간 cross-talk을 극소화시킨 semiconductor optical amplifier(SOA)를 구현하고자 하였으며 InGaAs/InGaAsP/InP 양자점 에피성장 조건을 최적화하여 QD의 발광 효율을 극대화하고 이들 QD를 활성층으로 갖는 QD SOA를 제작하여 광증폭 특성을 측정 분석하였다.

MOCVD 방법으로 InGaAs/InGaAsP/InP 양자점을 성장하였으며 InGaAs 양자점과 InGaAsP barrier의 조성을 조절하여 1.55 μm 근처의 발광 파장을 갖는 높은 발광 효율의 양자점을 성장 시키고자 하였다. 성장된 양자점은 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ 이상의 높은 면밀도를 갖는 것으로 측정되었고 10 K에서의 time-resolved photoluminescence(PL) 측정 시 1370~1450 nm의 넓은 파장 영역에서 1.8 nsec의 균일한 carrier lifetime을 나타내어 성장된 양자점들이 전기적으로 서로 독립되었음을 나타내었다.

이들 양자점 다층구조를 계인층으로 하여 ridgewaveguide(RW)형 QD SOA를 제작하였으며 SOA 거울면을 cavity 수직면과 7° 경사지도록 제작하고 antireflection 코팅하여 반사도를 극소화시켰다. 7층의 양자점 다층구조를 계인층으로 갖고 3 μm 의 ridge폭과 3 mm의 cavity 길이를 갖도록 제작된 QD SOA는 950 mA로 구동 시 1509 nm에서 중심파장을 가지며 22.5 dB의 fiber-to-fiber 계인을 나타내어 측정된 7.2 dB의 coupling loss 고려 시 36 dB 이상의 chip gain을 나타내어 현재까지 발표된 어떤 연구 결과 보다 높은 계인 값을 나타냄을 확인하였다. 이때 3dB 대역폭은 30 nm였으며 1480~1530 nm 파장 영역에서 25 dB 이상의 계인을 나타내었고 3dB 포화입력은 10 dBm, 3 dB 포화출력은 9.5 dBm으로 측정되었다. 제작된 SOA chip을 패키징하여 모듈 특성도 함께 측정하였으며 950 mA로 구동된 QD SOA에 1510 nm 파장의 레이저 빛을 조사한 경우 21 dB의 모듈 계인을 측정할 수 있었고 이때의 3dB 대역폭은 33 nm, 3dB 포화입력은 11.2 dBm, 3dB 포화출력은 6.9 dBm으로 측정되었다.

이상의 결과는 현재 전세계 최고의 수준에 해당하며 양자점을 계인층으로 사용하는 경우 현재 상용화되어 있는 양자우물 SOA에 비하여 우수한 증폭 및 전송 특성을 갖는 SOA 제작이 가능함을 알려 주고 있고 아울러 주입 전류에 따라 excited state로 부터 다양한 형태의 계인이 만들어짐을 확인할 수 있어 이들 특성을 이용하여 다양한 특성을 갖는 QD SOA를 제작할 수 있음을 예상케 하였다.