

장파장 광전소자를 위한 Ga(In)NAs 물질의 MBE 성장

MBE Growth of Ga(In)NAs Materials for long Wavelength Optoelectronic Devices

김종희, 노정래, 신재현, 주영구, 송현우
 한국전자통신연구원 반도체.원천기술연구소
 jhkim913@etri.re.kr

1.3 μm 와 1.55 μm 의 발광 파장을 갖는 광통신용 반도체 레이저 다이오드는 지금까지 많은 발전을 해왔으며 다양하게 응용이 되어 오고 있다. 기존의 장파장 소자들은 InP 기판 위에 성장을 하고 있으며, GaAs 관련된 물질의 적용은 장파장 대역의 이득층 성장의 어려움 때문에 GaAs가 가지고 있는 안정된 장점에도 불구하고 적용되지 못했다. 그러나 1996년 M. Kondow는 GaAs 기판에 격자정합되는 InGaAsN 물질을 제안하였고⁽¹⁾ 그 이후로 레이저 다이오드에 제작에 까지 이르렀으며⁽²⁻³⁾ 특히, 표면발광반도체레이저의 상은 연속발전에도 성공하였다⁽⁴⁾. 또한 레이저 다이오드 특성온도(K_0)는 InGaAsN/GaAs가 InGaAsP/InP 보다 큰 conduction band confinement가 가능해 큰 값을 가진다.

본 연구에서는 일반적인 solid source Molecular Beam Epitaxy(MBE)를 이용하여 Ga(In)AsN 막을 성장하였고 성장변수를 변화시켜가며 성장된 GaAsN 박막과 InGaAsN 양자우물의 특성을 분석하였다. RF-coupled plasma source를 이용하여 N_2 로부터 reactive nitrogen을 형성하였으며 N_2 유량 조절은 piezo electric leak valve를 이용하였다. 성장된 시료는 X-ray diffraction(XRD), photoluminescence(PL), SEM, high resolution TEM(HRTEM)을 이용하여 구조적, 광학적 특성을 분석하였고, 또한 조성도 결정하였다.

그림 1은 N flux에 따라 성장된 GaAsN 박막의 XRD 결과를 보여주고 있으며 이 결과를 Vegard's law와 Bragg's law를 이용하여 구한 이론적인 결과와 비교함으로써 N의 조성을 구하게 된다. 이와 관련하여 N 조성에 따른 표면의 변화를 보면 GaAs 기판과의 격자 부정합에 의해서 결정의 많은 변형이 있음을 볼 수 있었다.

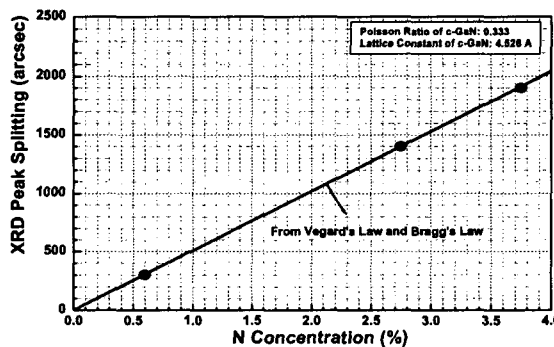


그림 1 . GaAsN 박막의 XRD splitting과 이론적 결과로부터 N 조성 결정

그림 2는 InGaAs와 InGaAsN 양자우물에 대한 상온에서의 PL 결과를 보여주고 있다. InGaAs 양자우물의 경우 In 조성이 증가할수록 PL 세기가 감소함을 보여주고 있다. InGaAsN 양자우물의 경우 In의 조성은 약 28% 였으며 700°C에서 1분간 RTA를 한 결과이다. 그림에서 알 수 있는 것 처럼 N flux를 증가시키므로 해서 발광 파장이 최대 약 1.27 μm 까지 얻을 수 있었다. 이때의 N의 조성은 약 1.15%였다. 그림 3은 성장된 InGaAsN(N:0.3%) 양자우물의 TEM 단면사진이며 barrier 층과 양자우물층 사이에 sharp하고 smooth한 계면을 보여주고 있다.

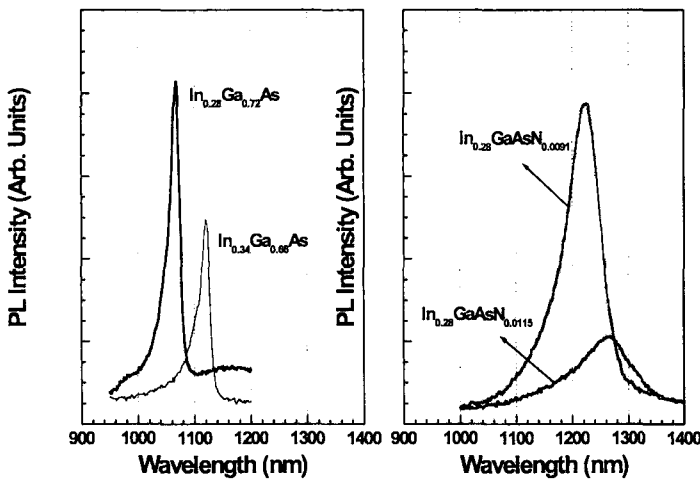


그림 2. InGaAs, InGaAsN 양자우물(DQWs)의 상온 PL

그림 3. InGaAsN 양자우물의 TEM 사진

1. M. Kondow, K. Uomi, A. Niwa, T. Kitatani, S. Watahiki, and Y. Yazawa, "GaInAsN: A novel material for long-wavelength-range laser diodes with excellent high-temperature performance," *Jpn. J. Appl. Phys.* **35**, 1273 (1996).
2. S. Illek, A. Ultsch, B. Borchert, A.Y. Egorov, and H. Riechert, "Low threshold lasing oxide-confined GaInAsN/GaAs multiquantum well lasers at 1.28 μm ," *Electron. Lett.* **36**, 725 (2000).
3. T. Kitatani, K. Nakahara, M. Kondow, K. Uomi, and T. Tanaka, "A 1.3- μm GaInNAs/GaAs Single-Quantum-Well Laser Diode with a High Characteristic Temperature over 200 K," *Jpn. J. Appl. Phys.* **39**, L86 (2000).
4. J.F. Klem, D.K. Serkland, O. Blum, K.M. Geib, A.W. Jackson, R.L. Naone, M. Dallberth, and J. Smith, "1.3 μm InGaAsN VCSELs on GaAs Substrates," *CLEO 2001* 134 (2001).

T
C