

저압 MOCVD법에 의한 (100)-GaAs 기판 위의 $Ga_xIn_{1-x}P$ 성장

전성란, 손성진, 조금재, 박순규, 김영기

전북대학교 물리학과

I. 서 론

GaAs 에 격자정합된 $Ga_{0.51}In_{0.49}P$ 는 그의 에너지 밴드갭이 상온에서 1.9eV 로써 약 650nm 의 적색광을 발광하는 레이저 다이오드의 활성층 재료 및 적색 LED 에 있어서 매우 중요한 재료가 되었다. 특히, $Ga_xIn_{1-x}P/GaAs$ 물질계는 valence-band 의 큰 불연속성, GaAs 와의 계면 (interface) 에 있어서의 낮은 재결합, 에너지 띠틈격이 거의 비슷한 $Al_{0.37}Ga_{0.63}As$ 와 비교할때 산화(oxidation) 가 잘 되지 않는다는 점, 그리고 deep-level 효과없는 높은 농도의 도우핑이 가능하다는 점 등의 다양한 특성들 때문에 매우 큰 관심을 갖게 되었다. 본 실험에서는 연구실에서 직접 제작한 MOCVD 장치를 이용하여 저압 MOCVD 방법에 의해 적절한 성장조건을 찾아 $Ga_xIn_{1-x}P/GaAs$ 를 성장시켜서 에피층의 특성을 알아 보았다.

II. 실험 방법

본 실험실에서 직접 제작한 MOCVD 장치는 성장 압력을 저압(1 torr 이하) 에서 대기압까지 용통성 있게 활용할수 있게 하였으며 gas manifold 는 일정량의 반응 기체를 혼합시킨 다음 반응 chamber 에 유입하도록 구성하였다. 또한 시료를 성장실에 넣고 꺼낼때, 성장실이 대기에 노출되지 않게하기 위하여 진공 load lock system 을 설치하였다. 기판으로는 $\langle 110 \rangle \pm 0.5^\circ$ 방향으로 2° off 된 (100) 면을 갖는 n 형 (Si-doped) 및 Cr-doping 된 GaAs 를 사용하여 수직 반응실에 의하여 성장온도 $610^\circ C \sim 690^\circ C$, 성장압력 70 torr 에서 V/III 비를 120~220 범위에서 변화시켜 가면서 30분 또는 1시간동안 저압 MOCVD 법에 의하여 $Ga_xIn_{1-x}P$ 를 성장하였다. MO 원료로는 TMIIn 와 TEGa 을 사용하였는데 bubbler 온도가 $17^\circ C$ 인 TMIIn 의 유량은 0.031sccm 으로 고정시켰고 bubbler 온도가 $12^\circ C$ 인 TEGa 의 유량은 0.029~0.032sccm 으로 변화시켰다. 수송 가스로써 성장에 사용한 H_2 의 총 유량은 2 lit/min 이다.

III. 실험 결과

성장실의 압력이 70 torr 인 저압 MOCVD 방법에 의하여 GaAs(100) 기판위에 $Ga_xIn_{1-x}P$ 를 성장하였다. 성장온도가 650°C, TEGa 의 유량이 0.032sccm, TMIn 의 유량이 0.031sccm 이고 PH_3 의 유량이 10.64~12.16sccm 일때 즉 V/III 비가 170~192 일때 성분비 x 가 0.51 인 $Ga_{0.51}In_{0.49}P$ 에피층을 얻었으며 이때 가장 좋은 surface morphology 를 보였다. $Ga_xIn_{1-x}P$ 의 성장률은 1.8 μ m/h 이었다. PH_3 의 유량은 표면 상태, 운반자 농도와 이동도 및 PL peak 에너지의 이동에 변화를 주며 두께 변화에는 아무런 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. TMIn 과 TEGa 의 유량을 각각 0.031sccm 및 0.032sccm 으로 하여 650°C 에서 성장시킨 시료의 기판과의 lattice mismatch 는 $|\Delta a/a| = (3.7\sim 8.9)\times 10^{-4}$ 임을 X-선 이중결정 회절 (DCXD) 법에 의해서 확인했다. PL 측정 결과, 300K 와 5K 에서의 PL peak 에너지는 각각 1.853eV 와 1.896eV 였으며 PL peak 에 의해 주계-반계쌍의 재결합에 의한 에너지 방출임을 알았다. 또한 V/III 비가 증가함에 따라 PL peak 에너지는 1.86eV 에서 1.81eV 로 감소하였다. 실온에서의 홀 계수 측정에 의하여 (366~1012) $cm^2/V\cdot sec$ 의 전자 이동도와 $(1.88\sim 8.18)\times 10^{16}cm^{-3}$ 의 운반자 농도를 얻었다.